ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MAI 1939.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 30 mai au lieu du lundi 29.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 13 mai 1939, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Marc Tiffeneau** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *G. Urbain*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Marc Tiffeneau** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Helmut Hasse**, professeur de l'Université de Göttingen, qui assiste à la séance.

MÉTÉOROLOGIE. — *Un cyclone en Nouvelle-Calédonie.* Note [1] de M. **Georges Durand-Viel.**

J'ai reçu du Ministère de la Marine communication du rapport de M. le Capitaine de frégate Arzur, Commandant de l'aviso colonial

[1] Séance du 8 mai 1939.

Dumont-d'Urville, relatif au violent cyclone que ce bâtiment a subi récemment près de l'île Art, dans l'archipel de Belep. Cet archipel est situé à 30 milles dans le Nord-Ouest de la pointe Nord de la Nouvelle-Calédonie, dans l'immense lagon bien imparfaitement connu, parsemé d'îles et de coraux et limité par deux barrières de récifs prolongeant vers le Nord-Ouest la grande île ; à l'Est le récif de Cook découvert par le célèbre navigateur en 1774 et à l'Ouest le récif des Français trouvé par d'Entrecasteaux en 1792.

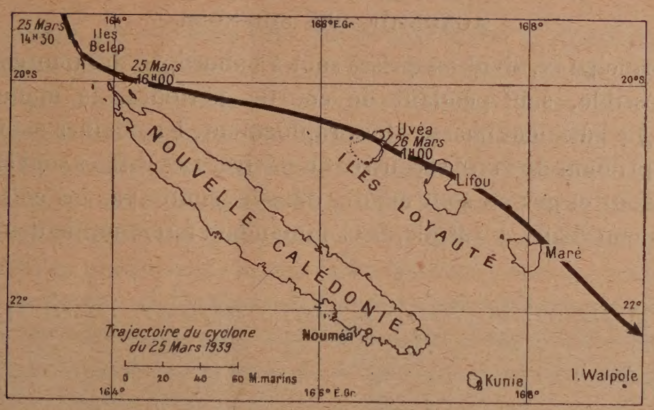
Les circonstances exceptionnelles de la manifestation de ce météore m'ont paru mériter une mention dans nos *Comptes rendus*.

Le *Dumont-d'Urville* était mouillé dans la soirée du 24 mars 1939, par 24^{m} de fond, sur quatre maillons de sa chaîne tribord, en baie de Uala (île Art). La marée barométrique était normale, le vent soufflait modérément de l'Est. Aucun signe météorologique particulier ne laissait prévoir du mauvais temps. Quelques grains violents passèrent pendant la nuit.

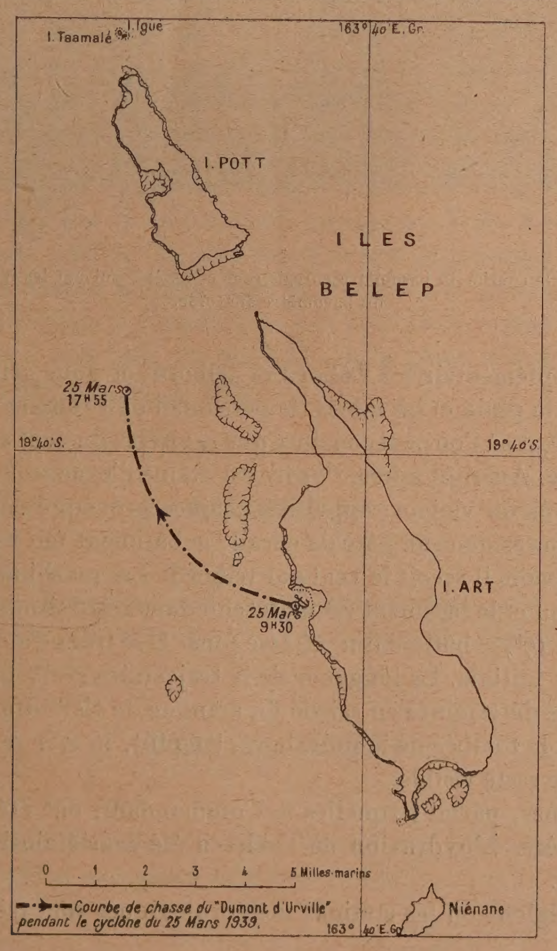
Le 25 mars à 6^{h}, la pluie se met à tomber en abondance. Le baromètre, qui semblait avoir atteint le minimum de sa marée barométrique, inférieur de 1^{mm} à celui de la veille, dessine un crochet à 7^{h}, au passage d'un grain de pluie, puis commence à descendre lentement, tandis que le vent passe à l'Est-Nord-Est. A 9^{h} la pluie devient très dense et la visibilité très faible et insuffisante pour qu'il soit possible de circuler au milieu des récifs et de gagner le large.

A $9^{h}30^{m}$ les dispositions de service sur rade sont remplacées par celles du service à la mer. Entre $9^{h}30^{m}$ et $14^{h}30^{m}$, pendant 5 heures, le baromètre descend de 748 à 711^{mm}. La chute horaire est donc de 7^{mm} et demi. Pendant ce temps le vent tourne de l'Est-Nord-Est à l'Est-Sud-Est et sa force, notée suivant l'échelle de Beaufort, passe de 5 (bonne brise, vitesse de 30^{km} à l'heure) à 12 (ouragan, vitesse supérieure à 100^{km} à l'heure). Un faible rayon de soleil indique l'œil de la tempête et le passage du centre de la dépression, puis le vent passe au Sud en conservant sa violence d'ouragan. De $14^{h}30^{m}$ à 17^{h}, le vent tourne du Sud au Sud-Ouest tandis que le baromètre passe de 711^{mm} à 743^{mm}, la remontée horaire étant supérieure à 10^{mm}.

Pendant ces 8 heures de tempête, de nombreux incidents se produisent. L'ancre bâbord est mouillée sur quatre maillons à $12^{h}40^{m}$. Malgré cette précaution et la manœuvre des machines, le bâtiment chasse. Sous la pression du vent qui dépasse 100^{kg} par mètre carré, le bâtiment s'incline sur tribord et ne peut plus être ramené dans le lit du vent malgré l'action des machines manœuvrées à toute vitesse. Les turbines de circulation des

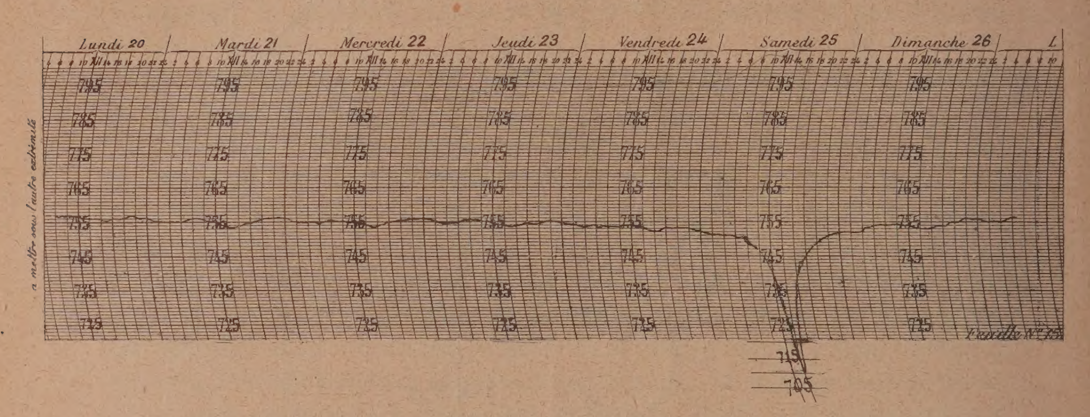


25 Mars
14 H 30
Iles
Belep
25 Mars
16 H 00
20°S
Uvéa
26 Mars
1 H 00
NOUVELLE CALÉDONIE
ILES LOYAUTÉ
Lifou
Maré
22°
Trajectoire du cyclone
du 25 Mars 1939
Nouméa
0 20 40 60 M.marins
Kunie
I. Walpole
164°
166° E.Gr
168°



I. Taamalé
I. Igue
163° 40' E. Gr.
I. POTT
ILES
BELEP
25 Mars
17 H 55
19° 40' S.
I. ART
25 Mars
9 H 30
0 1 2 3 4 5 Milles-marins
Courbe de chasse du "Dumont d'Urville"
pendant le cyclône du 25 Mars 1939.
Niénane
163° 40' E.Gr.

moteurs principaux, dont les prises sont à bâbord, se désamorcent, ce qui rend impossible, sauf pendant de courtes périodes, la manœuvre des machines. Le bâtiment chasse alors rapidement, les chaînes sautant sur le fond et imprimant de vives secousses au navire. Les rafales sont si violentes que le mazout et gas-oil sont aspirés dans les soutes par les cols de cygne de dégagement d'air. A $14^{h}36^{m}$, le Commandant fait mouiller deux maillons



Copie de la courbe du baromètre enregistreur complétée suivant les indications du baromètre anéroïde.

de chaîne supplémentaires à bâbord et tribord, et pour cette manœuvre, exécutée sous la pluie et les lames, le personnel doit ramper sur le pont et se cramponner, d'où l'on peut conclure que la vitesse du vent atteignait alors 150^{km} à l'heure. Aussitôt après, l'ordre est donné d'évacuer la plage avant. A $15^{h}55^{m}$, après un violent rappel des chaînes provoqué sans doute par le passage des ancres dans un pâté de corail, le bâtiment fait une embardée à la suite de laquelle il reçoit le vent par tribord. Les machines fonctionnent alors à nouveau et le bâtiment est maintenu dans cette situation.

A partir de 17^{h}, le bâtiment ne chasse plus. Il se trouve alors à 5,5 milles de sa position initiale. La longueur de la trajectoire réelle qu'il a suivie et qui n'a pu être déterminée en raison du manque de visibilité est sans doute supérieure. A la tombée de la nuit, le vent mollit, la mer se calme. Toute la nuit la terre reste visible.

Six personnes, parmi lesquelles le Commandant, ont été blessées pendant la tempête. L'hydravion de l'aviso a été avarié ainsi que plusieurs embarcations.

Dans ces régions où les stations météorologiques sont très éloignées les

unes des autres, les cyclones sont particulièrement à craindre pendant les trois premiers mois de l'année. Le cyclone très creux du 25 mars 1939 n'a été signalé par aucune station. Il s'est probablement formé entre l'île Huon située à 120 milles environ au Nord-Est de l'île Art et les Nouvelles Hébrides. Le *Dumont-d'Urville* a été le premier à le ressentir. Le centre du cyclone est passé au voisinage de l'île Art à 14^h30^m. Ayant atteint le Nord de la Nouvelle-Calédonie à 16^h, il est venu ensuite sur les îles Loyauté puis sur Walpole en produisant partout des dégâts importants : indigènes tués, missions ravagées, maisons démolies, dizaines de milliers de cocotiers abattus, petit bâtiment jeté à la côte dans le lagon de l'île Uvéa. Le cyclone s'est probablement comblé à 300 ou 400 milles dans le Sud-Est de Nouméa.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Émile Picard**, **Charles Fabry**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **Louis Lapicque**, **Charles Pérez**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **Maurice de Broglie**, **Charles Gutton**, pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, dressera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *A. Blondel*.

ÉLECTIONS

M. **Stephen Timoshenko** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique en remplacement de M. *T. Levi Cività* élu Associé étranger.

PLIS CACHETÉS.

M. **V. Frolow** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 3 février 1936 et enregistré sous le n° 11135.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Prévision à longue échéance d'une caractéristique des pluies à Alexandrette* (*Rép. Syrienne*).

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

L'**Université Catholique d'Amérique** invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du *Cinquantième anniversaire* de sa fondation, les 11, 12 et 13 novembre 1939.

M. **Paul Lemoine** adresse le fascicule de son Étude géologique de l'*Ile de France*, consacré au *Valois* et au *Multien*, qu'il a publié avec l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1938.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le théorème de Fermat.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit n un entier impair et soit (x, y, z) une solution de l'équation

$$x^n + y^n + z^n = 0 \tag{1}$$

en nombres entiers rationnels premiers entre eux, telle que z soit pair et que $x - y$ soit premier à n. J'ai montré ([1]), pour le cas de n premier (et dans nos hypothèses les raisonnements de la Note citée restent valables pour n quelconque), qu'il existe un idéal P du corps K de $\rho = \sqrt[n]{2}$ (où ρ désigne la détermination réelle de cette racine $n^{\text{ième}}$) tel que

$$(\alpha) = (z^2 - \rho^2 xy) = \mathrm{P}^2, \tag{2}$$

$$\alpha = z^2 - \rho^2 xy > 0. \tag{3}$$

En vertu de (2), le nombre α de K est 2-primaire pour tout idéal premier de K autre que le diviseur premier (ρ) de $(2) = (\rho)^n$ et que le seul idéal

---

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1468-1470.

à l'infini $\mathfrak{p}_\infty$ de K. En vertu de (3) α est 2-primaire pour $\mathfrak{p}_\infty$. Puisque

$$z^n \equiv 0 \pmod{2^n},$$

donc (mod 8), on a

$$x^n \equiv (-y)^n \pmod 8, \qquad x \equiv -y \pmod 8 \qquad \text{et} \qquad -xy \equiv x^2 \equiv 1 \pmod 8.$$

Donc

$$\alpha \equiv \rho^2[-xy + (z:\rho)^2] \equiv \rho^2[1+(z:\rho)]^2[1-2(z:\rho)] \pmod 8.$$

Donc α est 2-primaire pour (ρ) si, et seulement si $\alpha' = 1-(2z:\rho)$ l'est. Or α' l'est si, et seulement si $z \equiv 0 \pmod 4$.

Supposons que $z \not\equiv 0 \pmod 4$. Soit ε une unité quelconque de K. $(\alpha|\beta)$ désignant le symbole de restes quadratiques dans K généralisé au sens de la formule (3) de la page 51 du livre *Reziprozitätsgesetz* de M. Hasse, les symboles $(\alpha|\varepsilon) = (\alpha|(1))$ et $(\varepsilon|\alpha) = (\varepsilon|P^2)$ ont un sens et sont égaux à $+1$. $(\beta, \alpha|\mathfrak{p})$ désignant le symbole de restes normiques $(\beta, \alpha|\mathfrak{p})_2$ de M. Hilbert, en vertu de (3) on a $(\varepsilon, \alpha|\mathfrak{p}_\infty) = +1$. Il en résulte en vertu de la loi de réciprocité $(\alpha|\varepsilon)(\varepsilon|\alpha)^{-1} = (\varepsilon, \alpha|\mathfrak{p}_\infty)(\varepsilon, \alpha|(\rho))$ que $(\varepsilon, \alpha'|(\rho)) = (\varepsilon, \alpha|(\rho)) = +1$.

Or M. Hasse avait établi [2] le théorème suivant : soient l un nombre premier rationnel, K un corps de nombres algébriques contenant toutes les racines $l^{\text{ièmes}}$ de l'unité, L un idéal premier de K divisant l, E l'ordre absolu de L, u et v deux entiers premiers à l tels que $u+v = El:(l-1)$. Alors, α étant un nombre de K tel que $\alpha \equiv 1 \pmod{L^u}$, mais $\alpha \not\equiv 1 \pmod{L^{u+1}}$, il existe une classe $C(\alpha)$ de nombres de K $\pmod{L^{v+1}}$, faisant partie du rayon de L^v dans K, mais autre que le rayon de L^{v+1} dans K, telle que pour tout $\beta \in C(\alpha)$ on ait $(\beta, \alpha|L)_l \not\equiv +1$.

En particulier, si l'on pose pour K le corps de ρ, et pour α le nombre $\alpha' = 1-(2z:\rho)$ de ce corps, et si l'on pose $l=2$, $L=(\rho)$, $E=p$, $u=2p-1$, $v=1$, ces nombres satisfont aux hypothèses du théorème de M. Hasse. De plus, puisque (ρ) est de degré absolu 1 dans K, et que par suite sa norme absolue est 2, toute classe $\pmod{\rho^2}$ de nombres de K faisant partie du rayon de (ρ) dans K, mais autre que le rayon de $(\rho)^2$ dans K, coïncide avec celle des nombres de K congrus à $1+\rho \pmod{\rho^2}$. Donc, en vertu du théorème de M. Hasse, pour tout $\beta \equiv 1+\rho \pmod{\rho^2}$ de K, on a $(\beta, \alpha'|(\rho)) = -1$.

Or le nombre $\varepsilon = 1-\rho = 1+\rho-2\rho \equiv 1+\rho \pmod{\rho^2}$ de K est une

---

(2) *Reziprozitätsgesetz*, p. 79.

unité [3], parce que $N(\varepsilon) = 1 - 2 = -1$. Donc $(\varepsilon, \alpha' | (\rho))$ doit être à la fois $+1$ et -1, ce qui est absurde. Donc $z \equiv 0 \pmod 4$ et $\alpha = z^2 - \rho^2 xy$ est 2-primaire pour tout idéal de K. Visiblement, quand $z - y$ ou $z - x$ sont premiers à n, les nombres $\alpha_1 = x^2 - \rho^2 zy$ ou $\alpha_2 = y^2 - \rho^2 zx$ [qui sont $\equiv 1 \pmod{4\rho^2}$, parce que $z \equiv 0 \pmod 4$] le sont aussi, en vertu de ma Note citée.

Donc les corps $K(\sqrt{\alpha})$ et, sous les hypothèses complémentaires indiquées, $K(\sqrt{\alpha_1})$, $K(\sqrt{\alpha_2})$ sont non ramifiés et cycliques par rapport à K. Donc leurs degrés par rapport à K, qui ne peuvent prendre qu'une des valeurs 1, 2, doivent diviser le nombre h de classes d'idéaux de K. *Si h est impair, ces degrés doivent être égaux à* 1, autrement dit *il doit exister des entiers ξ et, sous les hypothèses indiquées, ξ_1, ξ_2 de* K *tels que*

$$z^2 - \rho^2 xy = \xi^2, \qquad x^2 - \rho^2 zy = \xi_1^2, \qquad y^2 - \rho^2 xy = \xi_2^2.$$

D'autre part j'avais montré, dans ma Note citée, que s'il existe deux entiers rationnels z, M tels que $z^2 - \rho^2 M > 0$ et que $(z^2 - \rho^2 M)$ soit le carré d'un idéal de K (ce qui est vérifié si $z^2 - \rho^2 M$ est le carré d'un nombre de K), il existe une solution entière rationnelle de (1) de la forme $(x, y = M : x, z)$, et un raisonnement facile (quoique assez compliqué) montre que, pour cette solution, $x - y$ est premier à n. Donc (1) *possède une solution entière rationnelle (x, y, z) x, y, z premiers entre eux, z pair et $x - y$ premier à n si, et seulement si il existe deux entiers rationnels z,* M *premiers entre eux, z pair, tels que $z^2 - \rho^2$ M soit le carré d'un entier ξ de* K.

Si l'on écrit ξ sous la forme $x_0 + x_1\rho + \ldots + x_{n-1}\rho^{n-1}$ ($x_0, x_1, \ldots, x_{n-1}$ nombres rationnels), l'égalité $z^2 - \rho^2 M = \xi^2$ se met sous la forme d'un système $X_0 = z^2$, $X_1 = 0$, $X_2 = -M$, $X_3 = 0$, $\ldots$, $X_{n-1} = 0$, où les $X_i (i = 0, 1, \ldots, n-1)$ sont des formes quadratiques homogènes en $x_i (i = 0, 1, \ldots, n-1)$ à coefficients entiers rationnels.

---

[3] Il y a dans K une autre unité remarquable $(1 + \rho^3) : (1 + \rho)^2$.

TOPOLOGIE. — *Sur la classification des espaces fibrés.*
Note [1] de M. **Jacques Feldbau**, présentée par M. Élie Cartan.

Les espaces fibrés ont été introduits par M. Seifert [2], dans le cas de variétés à 3 dimensions et de fibres circulaires. M. Whitney [3] a étudié certains espaces fibrés par des sphères. Nous nous proposons d'étudier ici [4] le cas de fibres quelconques.

1. *Définitions.* — Un espace fibré est une variété de Hausdorff V^p localement euclidienne, connexe, par chaque point de laquelle passe une variété compacte, appelée *fibre*, et une seule, homéomorphe à une variété fixe F^r. On suppose qu'à toute fibre correspond un *voisinage de fibres*, c'est-à-dire un ensemble de fibres comprenant la fibre donnée et homéomorphe avec conservation des fibres à un *anneau fibré*. (On appelle ainsi le produit topologique $F^r \times B^n$, où B^n est une boule à $n=p-r$ dimensions, les fibres étant les sous-variétés $F^r \times m$, m étant un point de B^n.)

On appelle *variété de base* Q^n l'espace des fibres de V, où les voisinages de fibres définissent une topologie. Si l'on associe à un point M de V la fibre passant par ce point, on définit une représentation continue p de V sur Q, dite *projection*. On appelle *recouvrement* d'un ensemble E de Q l'image inverse $p^{-1}(E)$. Une *classe d'espaces fibrés sur* Q sera l'ensemble des espaces homéomorphes entre eux avec conservation des fibres. Il existe toujours une classe triviale, représentée par le produit $Q \times F$.

2. *Système d'homéomorphismes attaché à un espace fibré.* — A tout point x de Q correspond une fibre F_x homéomorphe à F. Si l'on choisit un système d'homéomorphismes $H(x)$ de F_x sur F, V est évidemment le produit, *au sens de la théorie des ensembles*, de Q par F. Pour que ce soit un produit *topologique*, il faut et il suffit que l'on puisse choisir la famille $H(x)$ *continue* par rapport à x. Si l'on recouvre Q par des voisinages-boules S_i, on pourra toujours supposer, en vertu du théorème A énoncé plus loin, que dans chaque S_i la famille choisie $H_i(x)$ est continue en x.

---

(1) Séance du 15 mai 1939.

(2) *Acta Mathematica*, 60, 1933, p. 147-238.

(3) *a. Recueil math. de Moscou*, nouv. série, 1, 1936, p. 787-791; *b. Bull. Amer. math. Soc.*, 43, 1937, p. 785-805.

(4) J'ai appris que M. de Rham a obtenu à peu près les mêmes résultats, qui à ma connaissance n'ont pas encore été publiés.

On peut évidemment remplacer $H_i(x)$ par toute autre famille continue $H'_i(x) = H_i(x)\varphi_i(x)$, où $\varphi_i(x)$ est une famille d'automorphismes de F, attachés continûment aux points x de S_i.

Si $x \in S_i \cap S_j$, on définit une famille continue d'automorphismes de F

$$\varphi_{ij}(x) = H_i^{-1}(x)\, H_j(x),$$

qui devient, si l'on remplace H par H',

$$(1) \qquad \varphi'_{ij}(x) = \varphi_i^{-1}(x)\, \varphi_{ij}(x)\, \varphi_j(x).$$

On dira que les familles $\varphi_{ij}(x)$ et $\varphi'_{ij}(x)$ sont *équivalentes*.

Si $x \in S_i \cap S_j \cap S_k$, on a la relation d'associativité

$$(2) \qquad \varphi_{ik}(x) = \varphi_{ij}(x)\, \varphi_{jk}(x).$$

Enfin, exprimer qu'au point $x_0 \in S_i \cap S_j$ correspond un voisinage de fibres revient à dire qu'il existe des automorphismes $\psi_i(x)$ et $\psi_j(x)$ de F, attachés continûment aux points x voisins de x_0 sur les frontières respectives de S_i et S_j, et tels que, pour ces points, on ait

$$(3) \qquad \varphi_{ij}(x) = \psi_i(x) . \psi_j^{-1}(x).$$

Cette dernière condition entraîne d'ailleurs la condition (2).

Supposons que les S_i soient les simplexes d'une subdivision fixe de Q. Alors, *à tout espace fibré sur* Q *correspond un système d'automorphismes* φ_{ij} *de* F, *défini à une équivalence près et satisfaisant à* (3). Réciproquement, un tel système définit une classe d'espaces fibrés. On les obtient en formant les produits topologiques $\Pi_i = S_i \times F$, et en identifiant, pour $x \in S_i \cap S_j$, les points $x \times \xi$ de Π_i et $x \times \varphi_{ji}(x)\xi$ de Π_j. On montre, en s'appuyant sur le théorème I ci-dessous, que la condition (3) est une conséquence de (2) pour les points intérieurs à une face à $n-1$ ou $n-2$ dimensions d'un simplexe S_i.

3. *Cas où la variété de base est un simplexe.* — Théorème A. — *Il existe dans ce cas une seule classe d'espaces fibrés, représentée par le produit topologique de la fibre par le simplexe.*

La démonstration s'appuie sur le fait qu'un espace fibré est localement un produit topologique, et sur les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Si deux simplexes de la variété de base, adjacents le long d'une face à* $n-1$ *dimensions, sont recouverts par un produit topologique, il en est de même de leur réunion.*

Théorème II. — *Soit* T^n *un simplexe à* n *dimensions,* t_i^n *les simplexes cons-*

tituant sa $g^{ième}$ *subdivision normale. Il existe une suite de complexes* $K_1 = t_1^n$, $K_2, \ldots, K_N = T^n$ (*avec* $N = [(n+1)!]^g$), *formés avec les simplexes* t_i, *tous homéomorphes à un simplexe, et tels que* K_h *se déduit de* K_{h-1} *par adjonction aux simplexes de ce dernier d'un seul simplexe* t_i *adjacent aux précédents le long d'une ou de plusieurs faces à* $n-1$ *dimensions.*

Ce dernier théorème se démontre par double récurrence sur n et sur g.

4. *Cas où la variété de base est une sphère* S^n. — Théorème B. — *Il existe une correspondance biunivoque entre les classes d'espaces fibrés sur* S^n *et les classes de représentations de la sphère* S^{n-1} *dans le groupe* G *des automorphismes de la fibre.*

Supposons, dans ce qui suit, que la fibre est aussi une sphère et que nous limitons G au groupe orthogonal à $r+1$ variables Ω_{r+1}. On obtient des *Sphere-spaces* de M. Whitney. Le théorème B permet d'énoncer des résultats relatifs soit aux classes de représentations, soit aux espaces fibrés. Ainsi, le fait que la sphère S^{2n} n'admet pas de parallélisme absolu signifie que la variété de ses directions orientées tangentes, qui est fibrée de façon évidente par S^{2n-1}, n'est pas le produit topologique de S^{2n} par la fibre. Donc *il existe des représentations essentielles de* S^{2n-1} *dans* Ω_{2n}. De même, du fait que toute représentation de S^2 dans Ω_n est homotope à zéro [5], on déduit que *tout espace fibré par* S^r *sur* S^3 *est homéomorphe à* $S^r \times S^3$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Familles de Perron et problème de Dirichlet.* Note de M. **Marcel Brelot**.

1. Soit dans l'espace à $n \geq 2$ dimensions un *domaine* borné Ω. On donne sur sa frontière F une fonction $f(M)$, égale en chaque point à $+\infty$, $-\infty$ ou un nombre fini. S'il existe des fonctions sous-harmoniques dans Ω dont chacune est bornée supérieurement et de p. g. l. en tout point-frontière P au plus égale à $f(P)$, leur enveloppe supérieure est $+\infty$ ou harmonique et sera notée $\underline{H}_f(M)$; parmi ces fonctions il y en a alors qui sont harmoniques et leur enveloppe supérieure est la même. En cas de non-existence on posera $\underline{H}_f = -\infty$. De même on introduira $\overline{H}_f(M)$ en remplaçant sous-harmonique par sur-harmonique, supérieur ou supérieurement par inférieur ou infé-

(5) Cf. Whitney *b*, p. 798.

rieurement, $\pm\infty$ par $\mp\infty$. On voit que $\overline{H}_f = -\underline{H}_{(-f)}$ et l'on a essentiellement $\underline{H}_f(M) \leqq \overline{H}_f(M)$.

Lorsque $\underline{H}_f$ et $\overline{H}_f$ sont finis (harmoniques) et égaux, on dira que f est *résolutive* et la valeur commune de $\underline{H}_f$ et $\overline{H}_f$ sera notée H_f et dite *fonction de Wiener* pour Ω, f. Tout cela généralise la méthode de Perron et la position selon Wiener d'une extension du problème de Dirichlet.

2. Lorsque f est *bornée et continue*, on sait, d'après Wiener, qu'elle est résolutive et que H_f vaut la fonction définie autrement et adoptée comme *solution généralisée* du problème de Dirichlet; comme $H_f(M)$ est, pour M fixé fonctionnelle linéaire croissante et telle que $|H_f| \leqq \max|f|$, il existe une fonction $\geqq 0$ unique additive d'ensemble borélien, soit μ^M, sur F, telle que

$$H_f(M) = \int_F f(P)\, d\mu^M(P),$$

quelle que soit f (bornée continue). Ce μ^M n'est donc autre que la distribution obtenue par balayage de Ω pourvue de la masse 1 en M. On retrouve ainsi la formule de De la Vallée Poussin, exprimant la solution généralisée.

3. Ce μ^M permet la définition sur F d'une mesurabilité générale (μ^M). Pour f mesurable (μ^M) et $\geqq 0$ on sait définir $\int_F f d\mu^M$ fini ou non; pour f mesurable (μ^M) quelconque, on fait la décomposition classique $f = f^+ - f^-$; f sera dit sommable (μ^M) si les intégrales $\int_F f^+ d\mu^M$, $\int_F f^- d\mu^M$ sont finies, et sommable (μ^M) au sens large si l'une au moins est finie. Dans ces cas on pose

$$\int_F f\, d\mu^M = \int_F f^+\, d\mu^M - \int_F f^-\, d\mu^M.$$

La mesurabilité (μ^M) et la sommabilité (μ^M) *ne dépendent pas de la position de* M *dans* Ω. On dira donc mesurable ou sommable (μ).

4. Théorème I. — *Si $\alpha(M)$ majorée par $f(M)$ quelconque est mesurable (μ) et sommable (μ) au sens large, $\int_F \alpha\, d\mu^M \leqq \underline{H}_f(M)$. Pour f donnée, il existe un tel α donnant lieu à l'égalité de l'intégrale avec $\underline{H}_f$; et si $\underline{H}_f$ est fini, cet α est unique à une altération près sur un ensemble de mesure (μ) nulle.*

Théorème II. — *Pour que f soit résolutive, il faut et suffit que f soit*

mesurable (μ) *et sommable* (μ) *et alors*

$$H_f(M) = \int_F f\, d\mu^M.$$

En particulier, si f est bornée et borélienne, elle est résolutive.

Le poids ou mesure harmonique relative à Ω *d'un ensemble* E *mesurable* (μ) *de* F *sera* $\mu^M(E)$, *ce qui contient les définititions qu'on en a donné dans des cas plus ou moins généraux.*

Tous ces résultats sont extraits d'une étude qui paraîtra sous forme détaillée sous le même titre que cette Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème fondamental dans la théorie des fonctions quasi-analytiques.* Note [1] de M. **Kwok-Ping Lee**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous dirons qu'une suite d'entiers positifs $n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots$ possède la propriété $\mathcal{P}(\log_\lambda, \delta)$ si la série

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{\log_0 n_i \log_1 n_i \ldots \log_{\lambda-1} n_i (\log_\lambda n_i)^{1+\delta}}{n_i^2},$$

où δ est un nombre positif, fini, et où $\log_0 x = x$, $\log_1 x = \log x$, $\log_2 x = \log\log x$, ... est convergente. On peut montrer qu'étant donnés deux nombres positifs et finis δ, δ' ($\delta < \delta'$), il existe une suite d'entiers positifs $\{n_i\}$ ($i = 0, 1, 2, \ldots$) possédant la propriété $\mathcal{P}(\log_\lambda, \delta)$, mais ne possédant pas la propriété $\mathcal{P}(\log_\lambda, \delta')$; voici un exemple d'une suite vérifiant les conditions énoncées : $E(x)$ désignant la partie entière d'un nombre positif x, posons

$$n_1 = 1, \quad n_2 = 2, \quad \ldots, \quad n_{m_0} = m_0, \quad n_i = E[\log_0 i \log_1^2 i \ldots \log_{\lambda-1}^2 i (\log_\lambda i)^{2+\delta+\varepsilon}]$$
$$\text{pour } i \geqq m_0 + 1 \quad (0 < \varepsilon < \delta' - \delta);$$

cette suite est aussi un exemple d'une suite d'entiers possédant la propriété $\mathcal{P}(\log_\lambda, \delta)$, mais ne possédant pas la propriété $\mathcal{P}(\log_{\lambda-1}, \delta_1)$, et ceci pour aucun δ_1 positif et fini.

On démontre qu'étant donnée une suite d'entiers $n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots$,

(1) Séance du 8 mai 1939.

possédant la propriété $\varpi(\log_\lambda, \delta)$ $(0 < \delta < \infty)$, la fonction entière

$$F(z) = z^2 \prod_{i=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z^2}{n_i^2}\right) = \sum_{r=1}^{\infty} c_{2n} z^{2n}$$

vérifie l'inégalité

$$\overline{\lim_{m=\infty}} \, |c_m|^{\frac{1}{m}} \log_0 m \log_1 m \ldots (\log_{\lambda-1} m)(\log_\lambda m)^{1+\delta} < \infty.$$

En suivant la méthode que M. Mandelbrojt [2] a utilisée dans le cas $\lambda = 0$, nous arrivons au lemme suivant :

Lemme. — *Soit $n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots$ une suite d'entiers positifs possédant la propriété $\varpi(\log_\lambda, \delta)$ $(0 < \delta < \infty)$. Soit m un entier positif, différent de tous les entiers $n_i (i = 1, 2, \ldots)$, et soient a, b deux nombres non nuls tous les deux. Il existe alors une famille des fonctions $\gamma_\alpha(x)$ définies pour α assez petit et une constante positive ω $(\omega > 0)$ jouissant des propriétés suivantes :* 1° *chaque fonction $\gamma_\alpha(x)$ est définie dans l'intervalle $(0 \leq x \leq \alpha)$, elle y est continue et indéfiniment dérivable;* 2° $\gamma_\alpha^{(n)}(0) = \gamma_\alpha^{(n)}(\alpha) = 0$ $(n = 0, 1, 2, \ldots)$; 3° *en posant $\Gamma_\alpha(x) = \gamma_\alpha(x)$ lorsque $0 \leq x \leq \alpha$, et $\Gamma_\alpha(x) = 0$ pour $\alpha < x \leq 2\pi$, et en posant*

$$\Gamma_\alpha(x) = \frac{a_0^{(\alpha)}}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^{(\alpha)} \cos nx + b_n^{(\alpha)} \sin nx),$$

on a

$$a_0^{(\alpha)} = a_{n_i}^{(\alpha)} = b_{n_i}^{(\alpha)} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots),$$
$$|a a_m^{\alpha} + b b_m^{(\alpha)}| > \omega \alpha^2;$$

4° *On a pour tout $\varepsilon (0 < \varepsilon < \delta)$, l'inégalité*

$$|\gamma_\alpha(x)| < e^{K(\delta) \operatorname{Exp}_\lambda \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\delta - \varepsilon}}},$$

où $K(\delta)$ est une constante dépendant de δ et où $\operatorname{Exp}_\lambda x = e^{\operatorname{Exp}_{\lambda-1} x}$, $\operatorname{Exp}_0 x = x$.

2. La fonction $\varphi(x)$ étant définie et intégrable dans l'intervalle $[a, b]$ nous dirons que $\varphi(x)$ admet $x_0 (a \leq x_0 < b)$ comme zéro, en moyenne, à droite, d'ordre n-exponentiel égal à ρ si

$$\overline{\lim_{\alpha=+0}} \frac{\log_n \left(- \log \int_{x_0}^{x_0+\alpha} |\varphi(x)| \, dx \right)}{- \log \alpha} = \rho;$$

nous dirons que $x'_0 (a < x'_0 \leq b)$ est, en moyenne, un zéro, à gauche, d'ordre

---

[2] *Série de Fourier et classes quasi-analytiques*, Paris, p. 109.

n-exponentiel égal à ρ si

$$\overline{\lim_{\alpha=+0}} \frac{\log_n\left(-\log \int_{x_0-\alpha}^{x_0} |\varphi(x)|\, dx\right)}{-\log\alpha} = \rho.$$

A partir de ce lemme, en suivant la méthode que M. Mandelbrojt a utilisée dans le cas où n est égal à 1 (le mot 1-*exponentiel* signifie simplement *exponentiel*), nous pouvons démontrer le théorème suivant :

Théorème A. — *Soit $f(x)$ une fonction intégrable dans l'intervalle* $[0, 2\pi]$. *Supposons que $x_0 (0 \leq x_0 \leq 2\pi)$ est pour $f(x)$, en moyenne, un zéro, à droite, (ou à gauche), d'ordre $(\lambda + 1)$-exponentiel égal à ρ.*

Soit

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} (a_{n_i} \cos n_i x + b_{n_i} \sin n_i x),$$

et supposons que la suite $n_1, n_2, \ldots, n_i, \ldots$ possède la propriété $\mathcal{D}(\log_\lambda, \delta)$, où δ est un nombre positif fini.

Si l'inégalité suivante a lieu

$$\rho > \frac{1}{\delta},$$

$f(x)$ est nulle presque partout.

En partant du dernier théorème, nous avons pu obtenir de nouvelles classes quasi-analytiques.

Le lemme et le théorème de M. Mandelbrojt que nous avons cités plus haut et qui correspondent au cas $\lambda = 0$, sont plus précis que ceux qu'on obtient respectivement en posant, dans les énoncés précédents, $\lambda = 0$.

GÉODÉSIE. — *Résultat de mesures récentes de l'intensité de la pesanteur en Tunisie.* Note (1) de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. G. Perrier.

Les tableaux ci-après présentent le résultat de mes mesures (2) de l'intensité de la pesanteur en 65 stations de Tunisie, pendant les mois de novembre, décembre 1938 et janvier 1939.

---

(1) Séance du 8 mai 1939.

(2) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1207.

Les notations sont celles adoptées par l'Association internationale de Géodésie.

Station.	Date.	Longitude (E. de Greenw.).	Latitude.	Altitude.	Densité.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	1938	° ′	° ′	mètres		gals	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals	mgals
Tabarka	6 nov.	8.45,3	36.57,5	8	2,5	979,931	979,934	979,933	979,898	979,913	+ 36	+35	+21	+20
Sedjenane	6 »	9.14,5	37. 3,4	144	2,4	979,910	979,954	979,941	979,907	979,922	+ 47	+34	+32	+19
Bizerte	9 »	9.52,3	37.16,5	2	2,4	979,975	979,976	979,975	979,926	979,941	+ 50	+49	+35	+34
Ras-el-Aïn	10 »	9.40,3	37. 4,2	10	2,4	979,954	979,957	979,956	979,908	979,923	+ 49	+48	+34	+33
La Galite₁	16 »	8.54,8	37.31,7	70	2,7	980,018	980,040	980,032	979,947	979,962	+ 93	+85	+78	+70
La Galite₂	16 »	8.53,6	37.31,5	393	2,7	979,935	980,056	980,011	979,947	979,962	+109	+64	+94	+49
Tunis	18 » 1939 5 janv.	10.10,3	36.47,8	27	2,4	979,922	979,930	979,927	979,884	979,899	+ 46	+43	+31	+28
	1938													
Carthage	20 nov.	10.19,4	36.50,7	6	2,4	979,924	979,926	979,925	979,888	979,903	+ 38	+37	+23	+22
Kelibia	21 »	11. 5,7	36.50,8	15	2,4	979,959	979,964	979,962	979,888	979,903	+ 76	+74	+61	+59
Nabeul	22 »	10.44,9	36.27,4	14	2,4	979,875	979,880	979,878	979,855	979,870	+ 25	+23	+10	+ 8
Enfidaville	22 »	10.22,9	36. 8,1	20	2,4	979,860	979,866	979,864	979,827	979,842	+ 39	+37	+24	+22
Sousse	23 »	10.38,8	35.49,7	9	2,4	979,847	979,850	979,849	979,801	979,816	+ 49	+48	+34	+33
Kairouan	24 » 28 déc.	10. 6,1	35.40,3	62	2,4	979,769	979,788	979,782	979,788	979,803	0	— 6	—15	—21
Hadjel-el-Aïoun	24 nov.	9.32,6	35.23,9	35[illegible]	2,4	979,684	979,793	979,757	979,764	979,779	+ 29	— 7	+14	—22
Sbeitha	25 »	9. 7,6	35.14,0	529	2,5	979,628	979,792	979,736	979,760	979,765	+ 32	—24	+27	—29
Rohia	25 »	8.54,8	35.39,8	635	2,5	979,629	979,824	979,758	979,787	979,802	+ 37	—29	+22	—44
Thala	26 »	8.40,1	35.34,7	970	2,5	979,569	979,870	979,768	979,780	979,795	— 10	—12	—25	—27
Kasserine	26 »	8.48,1	35.10,1	668	2,5	979,583	979,788	979,718	979,745	979,760	+ 43	—27	+28	—42
Feriana	27 »	8.34,6	34.56,9	750	2,5	979,535	979,766	979,687	979,725	979,741	+ 41	—38	+25	—54
Gafsa	28 »	8.47,8	34.25,6	308	2,5	979,506	979,691	979,659	979,681	979,697	+ 10	—22	— 6	—38
Metlaoui	28 »	8.24,6	34.19,4	233	2,5	979,592	979,664	979,640	979,672	979,688	— 8	—32	—24	—48
Chouchet el Youdi	30 »	7.27	33.46	11	2,4	979,594	979,597	979,596	979,626	979,642	— 29	—30	—45	—46
Tozeur	1er déc.	8. 8,7	33.55,3	46	2,4	979,611	979,625	979,620	979,639	979,655	— 14	—19	—30	—35
Maknassy	2 »	9.36,7	34.36,3	258	2,5	979,646	979,725	979,698	979,696	979,712	+ 29	+ 2	+13	—14
Sidi-bou-Zid	3 »	9.29,7	35. 2,4	380	2,5	979,662	979,780	979,740	979,733	979,749	+ 47	+ 7	+31	— 9
Krechem	3 »	9.55,9	35. 4,4	256	2,5	979,698	979,777	979,750	979,736	979,752	+ 41	+14	+25	— 2
Triaga	6 »	10.22,4	34.58,1	70	2,4	979,729	979,751	979,744	979,727	979,743	+ 24	+17	+ 8	+ 1
Madjen-Dredj	6 »	10.35,3	34.58,3	1[illegible]	2,4	979,714	979,752	979,740	979,727	979,743	+ 25	+13	+ 9	— 3
El-Djem	6 »	10.42,9	35.17,7	11[illegible]	2,4	979,756	979,791	979,780	979,756	979,771	+ 35	+24	+20	+ 9
Sfax	7 »	10.46,1	34.44,1	4	2,4	979,737	979,738	979,738	979,707	979,723	+ 31	+31	+15	+15
Kerkennah	8 »	11. 9,4	34.42,8	4	2,4	979,731	979,732	979,732	979,705	979,721	+ 27	+27	+11	+11

Station.	Date.	Longitude (E. de Greenw.).	Latitude.	Altitude.	Densité.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	1938	° ′	° ′	mètres		gals	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals	mgals
Maharès	10 déc.	10.30,7	34.31,7	2	2,4	979,713	979,714	979,713	979,690	979,706	+ 24	+23	+ 8	+ 7
La-Skirra	10 »	10. 6,1	34.17,4	16	2,4	979,681	979,686	979,684	979,670	979,686	+ 16	+14	0	— 2
Gabès	11 »	10. 5,8	33.53,1	5	2,4	979,653	979,655	979,654	979,636	979,652	+ 19	+18	+ 3	+ 2
Médennine	{ 11 » / 23 » }	10.29,8	33.20,5	100	2,5	979,587	979,618	979,607	979,591	979,607	+ 27	+16	+11	0
Mareth	13 »	10.17,2	33.37,3	37	2,5	979,630	979,641	979,637	979,614	979,630	+ 27	+23	+11	+ 7
Zarzis	13 »	11. 6,9	33.30,3	6	2,4	979,634	979,636	979,635	979,604	979,620	+ 32	+31	+16	+15
Foum-Tatahouine	14 »	10.27,3	32.55,8	240	2,5	979,519	979,593	979,568	979,557	979,573	+ 36	+11	+20	— 5
Bordj-Lebœuf	15 »	10. 3	32.10	364	2,5	979,429	979,541	979,503	979,495	979,511	+ 46	+ 8	+30	— 8
Fort-Saint	17 »	9.34	30.15	270	2,5	979,248	979,331	979,303	979,341	979,357	— 10	—38	—26	—54
Mchiguig	18 »	10.18	30.54	462	2,5	979,288	979,431	979,382	979,393	979,409	+ 38	—11	+22	—27
Djeneienne	19 »	10. 9	31.44	324	2,5	979,396	979,496	979,462	979,459	979,475	+ 37	+ 3	+21	—13
Remada	20 »	10.25	32,19	309	2,5	979,465	979,561	979,528	979,507	979,523	+ 54	+ 21	+38	+ 5
Bordj-Aghir	21 »	11. 1,0	33,45,6	2	2,4	979,650	979,651	879,650	979,625	979,641	+ 26	+25	+10	+ 9
Houmt-Souk	21 »	10.51,8	33.52,7	4	2,4	979,665	979,666	979,666	979,635	979,651	+ 31	+31	+15	+15
Adjm	22 »	10.44,9	33.43,3	2	2,4	979,648	979,649	979,648	979,622	979,638	+ 27	+26	+11	+10
Bou-Grara	22 »	10.41,0	33.32,3	24	2,4	979,630	979,637	979,635	979,609	979,625	+ 28	+26	+12	+10
Ben-Gardane	23 »	11.13,3	33. 8,2	8	2,4	979,613	979,616	979,615	979,574	979,590	+ 42	+41	+26	+25
Puits X	23 »	10.50,8	33.14,6	25	2,4	979,610	979,617	979,615	979,584	979,600	+ 33	+31	+17	+15
Matmata	24 »	9.59,2	33.32,4	441	2,5	979,526	979,662	979,616	979,609	979,625	+ 53	+ 7	+37	— 9
El-Hamma	25 »	9.48,1	33.53,4	65	2,5	979,639	979,659	979,652	979,636	979,652	+ 23	+ 16	+ 7	0
Bordj-Es-Senam	25 »	9.22,9	33.37,4	136	2,5	979,559	979,601	979,587	979,614	979,630	— 13	—27	—29	—43
Kébili	26 »	8.59,2	33.42,1	55	2,4	979,582	979,599	979,593	979,620	979,636	— 21	—27	—37	—43
Djebiniana	27 »	10.54,7	35. 2,1	35	2,4	979,746	979,756	979,753	979,732	979,748	+ 24	+21	+ 8	+ 5
Mahdia	27 »	11. 4,0	35.30,3	4	2,4	979,811	979,812	979,812	979,773	979,788	+ 39	+39	+24	+24
Djemmal	28 »	10.45,8	35.37,4	26	2,4	979,807	979,815	979,812	979,783	979,798	+ 32	+29	+17	+14
El-Onk	28 »	10.24,0	35.41,6	113	2,4	979,774	979,809	979,798	979,789	979,804	+ 20	+ 9	+ 5	— 6
Ousseltia	29 »	9.42,5	35.51,5	478	2,5	979,701	979,848	979,798	979,804	979,819	+ 44	— 6	+29	—21
Pont-du-Fahs	29 »	9.54,2	36.22,7	181	2,5	979,833	979,889	979,870	979,848	979,863	+ 41	+ 22	+26	+ 7
	1939													
Gafour	10 janv.	9.19,8	36.19,5	271	2,5	979,799	979,882	979,854	979,844	979,859	+ 38	+10	+23	— 5
Medjez-el-Bab	10 »	9.36,5	36.39,0	53	2,5	979,894	979,910	979,905	979,872	979,887	+ 38	+33	+23	+18
Béja	10 »	9.11,6	36.43,3	238	2,5	979,848	979,921	979,896	979,878	979,893	+ 43	+18	+28	+ 3
Souk-el-Arba	11 »	8.46,7	36.30,1	144	2,5	979,838	979,882	979,867	979,859	979,874	+ 23	+ 8	+ 8	— 7
Le-Sers	11 »	9. 1,4	36. 4,6	489	2,5	979,716	979,867	979,816	979,823	979,838	+ 44	— 7	+29	— 22
Sakiet-Sidi-Youssef	12 »	8.21,2	36.13,4	805	2,5	979,670	979,921	979,836	979,835	979,850	+ 86	+ 1	+ 71	—14

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le principe de dualité et la représentation des corpuscules élémentaires.* Note de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Louis de Broglie.

En géométrie non-euclidienne, les notions de distance et d'angle se correspondent par dualité; on passe en effet de la formule de Cayley ([1]) à la formule de Laguerre (1) ([2]) par la transformation de Legendre

$$u_i = kx^i; \quad u_{n-1} = x^{n+1}, \tag{1}$$

qui permet de passer des coordonnées ponctuelles x^i aux coordonnées tangentielles u_i de la quadrique absolue, $a = 1/\sqrt{k}$ étant le rayon de l'électron; on peut donc remplacer l'introduction brutale de ce dernier par l'intervention de dualités telles que (1), faisant passer d'une variable dynamique à la variable conjuguée.

Ainsi, soit un corpuscule élémentaire dont la distance à l'origine des coordonnées soit comprise à l'instant t dans un domaine de l'ordre de r, le corpuscule étant ponctuel, l'espace euclidien; sa quantité de mouvement p sera comprise dans le domaine p tel que

$$p.r = h; \tag{2}$$

supposons maintenant que le corpuscule subisse la transformation de Legendre,

$$p = \lambda . r; \tag{3}$$

(2) et (3) ne sont compatibles que si

$$r = \sqrt{\frac{h}{\lambda}}. \tag{4}$$

λ est supposé tel que cette valeur soit égale au rayon $a = e^2/m_0c^2$ de l'électron ou à h/M_0c; ce dernier se trouve donc indirectement introduit; j'avais indiqué depuis longtemps l'utilité de l'emploi des transformations de contact telles que (1) ou (3) pour écarter les difficultés auxquelles se heurte la mécanique ondulatoire dans les domaines relativistes et

(1) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 971.
(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1484.

nucléaires ([3]); mais, devant le peu d'intérêt suscité par la théorie, celle-ci n'avait pas été développée; un Mémoire récent de Born ([4]) ayant développé des considérations analogues, il paraît utile d'en indiquer les grandes lignes.

Il faut admettre que la constante λ constitue une limite supérieure pour la possibilité de la transformation (3); on doit considérer les simples permutations des variables p_i et x^i, qui ont le sens physique suivant : un corpuscule isolé peut être décrit par un train d'ondes planes monochromatiques

$$\psi_{pH} = \frac{1}{\sqrt{h}} \int \psi_{xH} e^{-\frac{2\pi i}{h}(p_x x + p_y y + p_z z)}\, dx\, dy\, dz, \tag{5}$$

les p sont déterminés, les x indéterminés; nous dirons que nous sommes dans la représentation p; dans la théorie habituelle l'observateur seul peut changer la représentation p en la représentation x en déterminant la position du corpuscule au moyen de photons, ce qui correspond au libre choix qu'il peut faire des variables dynamiques, et donne le paquet d'ondes

$$\psi_{xH} = \frac{1}{\sqrt{h}} \int \psi_{pH} e^{\frac{2\pi i}{h}(p_x x + p_y y + p_z z)}\, dp_x\, dp_y\, dp_z. \tag{6}$$

Nous supposons maintenant, contrairement à la théorie classique, qu'un tel changement de représentation peut se produire spontanément, ce qui équivaut à décrire le comportement du corpuscule par des transformations canoniques *qui ne conservent pas la forme fonctionnelle de l'Hamiltonien*: le passage de (5) à (6) s'effectue en permutant le rôle des x et des p dans la fonction de Hamilton H et la fonction ψ

$$p_i \to x^i; \quad x^i \to p_i; \tag{7}$$

soit, par exemple, un électron de Dirac isolé, décrit par les équations canoniques

$$\frac{dx^i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i}; \quad \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x^i}; \tag{8}$$

il se trouve dans la représentation p donnée par (5); supposons qu'à l'instant t, il passe spontanément à la représentation x décrite par (6) par la permutation (7); cela ne pourra se faire que si, à l'instant donné, il émet

---

([3]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 685; *Séminaire Langevin*, mai 1932.
([4]) *Proc. Roy. Soc.*, 145, 1938, p. 291.

un photon qui nons renseigne sur sa position; il y aura alors nécessairement dématérialisation; en effet, les équations (8) montrent que (7) équivaut à changer H en —H([5]); l'énergie interne de l'électron sera donc devenue négative, ce qui correspond, d'après Dirac, à la dématérialisation; nos transformations ont donc une signification physique précise et semblent permettre l'élimination de la distribution infinie d'électrons dans les états négatifs

En généralisant les résultats obtenus, on est conduit à la conclusion que les x et les p doivent jouer un rôle symétrique dans l'équation des ondes et les conditions de commutabilité; l'équation des ondes prend alors la forme généralisée

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\rho}{\partial t}+\frac{\partial\rho}{\partial x^i}\frac{dx^i}{dt}+\frac{\partial\rho}{\partial p_i}\frac{dp_i}{dt}=[\rho,\mathrm{H}]=\rho\mathrm{H}-\mathrm{H}\rho+\frac{\partial\rho}{\partial t}=\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\rho}{\partial t}+(\mathrm{H}+\mathrm{H}')\rho=0.$$

On peut vérifier que l'application de cette équation à l'oscillateur harmonique conduit à la disparition de l'énergie infinie au zéro absolu du rayonnement.

MAGNÉTISME. — *Sur la chaleur spécifique vraie du nickel au-dessus du point de Curie.* Note de M. **Bernard Persoz**, transmise par M. Pierre Weiss.

La nouvelle méthode précédemment décrite ([1]) a été appliquée au platine entre 0° et 1000°C. et au nickel entre 400° et 1000°C.

Pour le premier de ces métaux (fil de platine physiquement pur), j'ai obtenu les résultats suivants :

Chaleur spécifique du platine.

N° d'ordre.	t°C.	c_p.	N° d'ordre.	t°C.	c_p.
1	35	0,0311	**7**	981	0,0386
2	62	0,0313	**8**	783,3	0,0361
3	210,3	0,0326	**9**	542,8	0,0348
4	416	0,0337	**10**	330,4	0,0331
5	627,3	0,0349	**11**	153,9	0,0322
6	37,1	0,0317			

([5]) En conservant le signe de p; un changement simultané de signe de p est obtenu en changeant p en $-p$ dans (7).

([1]) Néel et Persoz, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 642.

La droite qui représente le mieux l'ensemble de ces points a pour équation

$$c_p = 31.2.10^{-3} - 6.29.10^{-6} t.$$

Ces résultats s'accordent avec la moyenne des valeurs obtenues antérieurement. Ils permettent d'affirmer que la méthode utilisée donne bien la précision qu'on était en droit d'attendre d'elle : 1 à 2 pour 100, cette précision ne diminuant pas du côté des hautes températures.

Nous avons déjà signalé que, si l'échantillon est ferromagnétique, cette méthode ne s'applique pas commodément car le champ magnétique dû au courant de chauffage aimante transversalement le métal et modifie par suite sa résistance, ce qui déséquilibre le double pont de Thomson utilisé pour la mesure des élévations de température. Je me suis donc borné pour le nickel aux températures supérieures au point de Curie. L'échantillon utilisé avait 0,49 pour 100 d'impuretés, les principales étant Fe et Mg. Les résultats sont les suivants :

Chaleur spécifique du nickel.

N° d'ordre.	t° C.	c_p.	N° d'ordre.	t° C.	c_p.
1..........	1006,4	0,1484	7..........	617,9	0,1378
2..........	959,4	0,1471	8..........	540,2	0,1350
3..........	902,2	0,1446	9..........	424,4	0,1359
4..........	842,9	0,1438	10..........	527,5	0,1339
5..........	771,3	0,1406	11..........	703,3	0,1393
6..........	709,0	0,1398	12..........	918,7	0,1462

La droite la plus voisine de ces points a pour équation

$$c_p = 0,119 + 29,2.10^{-6} t.$$

Le point n° 9 est aberrant parce que la mesure a été faite au voisinage immédiat du point de Curie : la température initiale du fil était 380°, et le point de Curie est à 358°. La courbe représentant les variations thermiques de la résistance de l'échantillon a encore une très forte courbure, et la détermination de l'augmentation de température est incertaine dans ce cas.

Ces résultats se raccordent bien avec ceux d'Ahrens ([2]) et ceux de Grew ([3]) qui, malheureusement, ne dépassent pas 450°C. Les températures supérieures à 500° ont été peu explorées. Klinkhardt ([4]) a poussé ses

(2) *Ann. der Phys.*, **21**, 1934, p. 169.
(3) *Proc. Roy. Soc.*, A, **145**, 1934, p. 509.
(4) *Ann. der Phys.*, **84**, 1927, p. 167.

mesures jusqu'à 800°. Entre 700° et 800°, ses résultats sont identiques à ceux qui viennent d'être donnés. Umino ([5]) trouve des valeurs inférieures de 7 pour 100, mais il est permis de les suspecter, car au-dessous du point de Curie, où la chaleur spécifique est bien connue, il trouve des valeurs inexactes de 12 à 16 pour 100. Citons encore Ewert ([6]), qui trouve entre 360° et 1000° des valeurs inférieures de 4 à 9 pour 100 à celles du tableau ci-dessus.

MAGNÉTISME. — *Effet de certains corps étrangers en faible proportion sur les propriétés magnétiques du platine.* Note de Mlle **Renée Théron**, transmise par M. Pierre Weiss.

M. Foëx et Mlle Collet ([1]) ayant constaté l'existence de diverses *variétés magnétiques* de platine sur des échantillons divers (échantillon de Kopp à 8 μ_W, échantillons présentant des coudes divers), j'ai essayé de passer de l'une à l'autre par des traitements thermiques énergiques : recuits à des températures allant de 1000° au point de fusion, suivis ou non de trempes, dans l'air, le vide, l'hydrogène. Ces essais ont été faits sur du platine physiquement pur, de rapport $R_{100}/R_0 < 1,39_0$, dont les propriétés magnétiques primitives sont représentées par la courbe I. Quand ces traitements ont été effectués dans un four à enroulement de molybdène sur tube d'alumine étanche, en absence de tout autre corps que les supports réfractaires, ils n'ont eu pour effet que des déplacements parallèles des droites en $1/\chi$ et T.

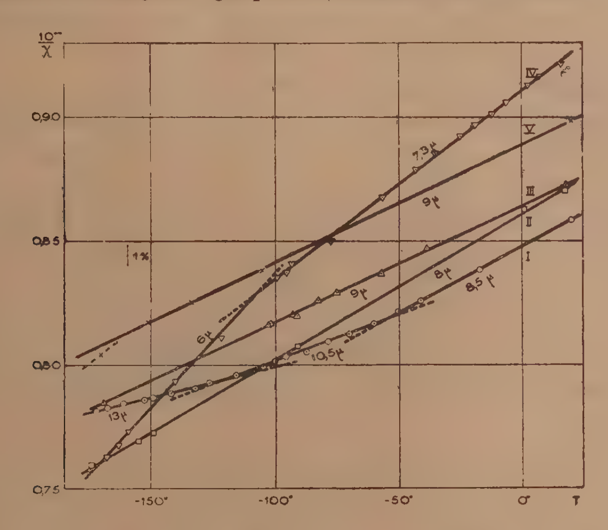
Cependant, dans les premiers essais, plusieurs cas de changements très forts dans les propriétés magnétiques, reproduisant des états du platine déjà observés, avaient été obtenus. L'examen des conditions expérimentales a montré que dans chacun de ces cas, le platine avait dû se trouver en présence de vapeurs de corps étrangers : manganèse, carbone, molybdène ou leurs oxydes. En effet la transformation attribuable à des vapeurs de manganèse a pu être reproduite en présence de ce corps. La quantité de manganèse nécessaire à la transformation doit être inférieure au millième, et l'effet, fort curieux, est de prolonger jusqu'à —170° la droite

([5]) *Sc. Rep. of Tôhoku*, **16**, 1927, p. 593.
([6]) *Kon. Ak. Wet. Amst.*, 39, 1936, p. 833.

([1]) *Journ. de Physique*, **2**, 1931, p. 290.

à 8 μ_W des températures supérieures à 50° C. (courbes II), reproduisant ainsi les propriétés simples du platine de Kopp. Cet effet a été observé sur trois échantillons différents.

D'autres transformations ont été produites en traitant le platine au four à induction, l'impureté semblant ne pouvoir être que le carbone provenant du cylindre de chauffage en graphite (courbes III et IV). Pour vérifier que



ces transformations peuvent avoir lieu sous l'action d'atomes étrangers non porteurs de moment, j'ai préparé des alliages Au-Pt à 2 pour 100 (courbe V rapportée au Pt pur), et 5 pour 100. Il y a, pour les deux, apparition du moment 9 au-dessous de la température ordinaire, et pour l'alliage 5 pour 100 d'un moment inférieur au-dessous de — 130°. L'effet est analogue à celui produit par le four à induction contenant du carbone. On a vérifié que la fusion d'un échantillon du même platine dans les mêmes conditions que la préparation des alliages est sans effet.

On voit sur les exemples donnés par la figure qu'il s'agit de changements importants dans les propriétés, et dont les caractères principaux sont les suivants :

1° Les courbes gardent toujours le caractère de droites coudées, qui devient encore plus net sur les segments de forte pente. Les moments ont pris des valeurs généralement proches de 6 ; 7,3 ; 8 ; 9 μ_W.

2° Il y a toujours augmentation de la pente moyenne des courbes qui se croisent généralement entre — 180° et la température ordinaire, obéissant

ainsi à la relation linéaire entre H et C trouvée par M. Foëx et Mlle Collet.

3° Les effets des impuretés est d'abord de faire disparaître les coudes vers le haut (courbe I) présentés par le platine pur au-dessous de la température ordinaire en rectifiant la courbe à 8 ou $9\mu_W$, les proportions plus élevées faisant apparaître des courbes vers le bas (courbe (IV).

L'allure d'ensemble de cet effet : concavité de la courbe des $1/\chi$ T tournée progressivement vers l'axe des températures, est en accord avec la théorie pour les alliages de platine avec un métal porteur de moment ([2]). L'effet des corps étrangers diamagnétiques ne peut rentrer dans cette explication, et pour le manganèse lui-même, les très faibles quantités nécessaires et la nature particulière du résultat : régularisation de la pente, semblent indiquer qu'il s'agirait plutôt d'une sorte de *catalyse de la transformation magnétique*. L'explication doit rentrer sans doute dans celle du phénomène des droites coudées, prépondérant ici, laquelle est encore à trouver.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de quelques dérivés monosubstitués du naphtalène*. Note de M. **Jean Lecomte**, transmise par M. Aimé Cotton.

Les fréquences des bandes d'absorption infrarouges du naphtalène, que nous avons déterminées ([1]), indiquent une alternance avec les fréquences des raies Raman. On en a conclu que la molécule de naphtalène, supposée plane, possédait un centre de symétrie (symétrie D_{2h}). Nous avons montré ([2]) que, dans le passage du naphtalène à la quinoléine et à l'isoquinoléine, il s'établissait, entre les spectres d'absorption et de diffusion, une correspondance, non pas parfaite, mais suffisante pour montrer que les interdictions étaient bien levées (symétrie C_s).

Avec les dérivés monosubstitués du naphtalène (en α et β), on prévoit un résultat analogue, le seul élément de symétrie pouvant, ici encore, être le plan de la molécule. Dès lors, toutes les vibrations de la molécule apparaissent aptes à donner naissance simultanément à des raies Raman et à des bandes infrarouges. En fait, nous avons mesuré les spectres d'absorption

---

([2]) L. Néel, *Ann. de Physique*, **17**, 1932, p. 60 et 100.

([1]) J. Lecomte et P. Lambert, *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 34, 1932; *Ann. Comb. liquides*, n° **1**, 1938, p. 111.

([2]) J. Lecomte, *Journ. de Physique*, **9**, 1939, p. 512.

infrarouges des α et β-naphtols, des α et β-naphtylamines, des α et β-méthylnaphtalènes, du β-naphtonitrile, des α et β-chloro, des α et β-bromo, des α et β-iodo-naphtalènes et de l'α-nitronaphtalène. [Un petit nombre de ces substances avaient été examinées avant nous par Stang ([3]), et seulement dans un domaine spectral beaucoup plus réduit.] Nous avons trouvé, dans chaque cas, un nombre important de bandes, presque le double de celui du naphtalène, ce qui est en conformité parfaite avec la théorie.

Les spectres Raman ont été déterminés par divers auteurs, mais le nombre des raies, pour les dérivés monosubstitués du naphtalène, reste généralement assez faible, de sorte qu'à première vue, on pourrait penser que la concordance prévue, avec les fréquences mesurées par absorption, se trouve en défaut. Nous pensons qu'il n'en est rien, et que la pauvreté relative des spectres Raman en raies peut s'expliquer d'abord par des difficultés expérimentales (fluorescence des composés, par exemple). Mais nous croyons, en outre, qu'il existe beaucoup de vibrations gauches, dans lesquelles les atomes d'hydrogène, ou le substituant, jouent un rôle. Pour les composés $C^{10}H^{7}X$, on prévoit 48 vibrations distinctes, dont 15 sont gauches, en particulier, pour les 14 vibrations qui sont attribuables à la liaison C-H, 7 ne sont pas planes. Dans nos recherches sur le noyau benzénique ([4]), nous avons trouvé que fréquemment des vibrations gauches donnaient naissance à des bandes infrarouges fortes auxquelles ne correspondaient pas toujours des raies Raman, quoique les modes de vibrations correspondants ne fussent pas interdits dans la diffusion. Nous supposons que, pour les dérivés naphtaléniques monosubstitués, nous nous trouvons en présence d'un phénomène analogue.

Les spectres d'absorption infrarouges des dérivés monosubstitués du naphtalène ont été obtenus, sans difficulté, avec la technique habituelle ([5]). Les composés solides ont été étudiés, soit en solution dans le sulfure de carbone, soit sous forme d'une mince pellicule solide, soit à l'état de poudre. *Les fréquences du naphtalène, obtenues, soit par absorption, soit par diffusion, se retrouvent, avec des déplacements relativement faibles, en général, dans les*

([3]) *Phys. Rev.*, 2e série, 9, 1917, p. 542.

([4]) J. Lecomte, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1186; *J. de Phys.*, **8**, 1937, p. 489, et **9**, 1938, p. 13.

([5]) J. Lecomte et P. Lambert, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 155; *Ann. de Phys.*, **18**, 1932, p. 331; *ibid.*, **10**, 1938, p. 503; J. Lecomte, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1011.

spectres des dérivés monosubstitués. Ce résultat, qui ne nous paraît pas avoir été signalé jusqu'à présent, se déduit du tableau suivant (fréquences en cm^{-1}).

Naphtalène....		510 (Ra).	–		641 (I.R.).
Dérivés substitués	α.....	512–514 (Ra)	523–539 (I.R.)	565–572 (I.R.)	647–659 (I.R.)
	β.....	512–519 (Ra)	–	568–620 (I.R.)	641–649 (I.R.)
Naphtalène....		687 (I.R.).	714 (I.R.).	961 (I.R.).	760 (Ra).
Dérivés substitués	α.....	665–677 (I.R.)	700 (I.R.)	638–702 (I.R. Ra)	727–750 (I.R. Ra)
	β.....	664–670 (I.R.)	711–712 (I.R.)	734–742 (I.R.)	766–768 (Ra)
Naphtalène....		782 (I.R.).	820 (I.R.).	888 (I.R.).	1000 (I.R.).
Dérivés substitués	α.....	754–774 (I.R. Ra)	792–800 (I.R.)	843–850 (I.R. Ra)	1023 (Ra) 890–945 (I.R.)
	β.....	837–853 (I.R.)		862–870 (I.R.)	976–1012 (I.R.) 996–1012 (I.R.)
Naphtalène....		–	1125 (I.R.).	–	1120 (I.R.). 1239 (Ra).
Dérivés substitués	α.....	1060–1085 (I.R. Ra)	1142 (Ra) 1119–1138 (I.R.)	1160–1180? (I.R.)	1200–1232 (I.R.)
	β.....	1050–1083 (I.R.)	1114–1141 (I.R.)	1158–1168? (I.R.)	1192–1219 (I.R.)

Nous avons indiqué, par I. R. et par Ra, si les fréquences avaient été déterminées par les spectres infrarouge ou Raman. Deux ou trois suites possèdent des fréquences assez différentes pour les positions α et β du substituant, ce qui permet de distinguer sans ambiguïté les isomères.

Nous attirons l'attention sur la suite qui, pour les dérivés α substitués, se place entre 638 et 700 cm^{-1}. Nous la considérons comme représentant une vibration de valence $(C^{10}H^{7}) \rightleftharpoons X$. On la retrouve d'ailleurs dans les dérivés benzéniques $(C^{6}H^{5}) \rightleftharpoons X$, entre 653 et 830 cm^{-1} et pour les dérivés $(CH^{3}) \rightleftharpoons X$, entre 522 et 1040 cm^{-1}. Pour la position β, l'influence du substituant resterait faible. Nous donnons, sous toutes réserves, la fréquence 961 cm^{-1} comme pouvant correspondre à cette vibration dans le naphtalène. On constate ainsi que le noyau naphtalénique exerce sur l'ensemble du spectre, une influence considérable, et encore plus importante que le noyau benzénique. Elle est si forte que, dans le cas des α et β-naphtylcétones, et du β-dinaphtyl, les spectres restent comparables à ceux de dérivés monosubstitués beaucoup plus simples.

SPECTROSCOPIE. — *Méthode pour l'observation de radiations de faible intensité au voisinage d'une raie brillante.* Note de MM. **André Couder** et **Pierre Jacquinot**, transmise par M. Aimé Cotton.

Si l'on photographie une raie brillante avec le temps de pose qui serait nécessaire pour faire apparaître une raie faible, on obtient une image élargie et diffuse : l'observation de la raie faible est rendue impossible dans un certain domaine. Avec un spectrographe d'ouverture F:44, ce domaine atteint plusieurs millimètres pour un rapport d'intensités de l'ordre de 10^4.

Cet élargissement est dû presque uniquement à l'éclairement produit en chaque point par la diffraction : la preuve est que si l'on empêche, au moyen d'un écran convenable, la frange centrale d'éclairer l'émulsion, le noircissement n'est pas sensiblement réduit, tout au moins à une distance supérieure à quelques dixièmes de millimètre.

Considérons les cas ordinaires où la source est une droite lumineuse (fente) et la pupille de sortie est : soit un cercle de diamètre D (cas I), soit un carré de côté D parallèle à la fente (cas II).

Prenons pour les distances x comptées suivant l'axe de dispersion l'unité $\lambda F : D$, abscisse de la première frange obscure et mesure conventionnelle de la limite de résolution dans le cas II. Si l'on néglige la périodicité de l'éclairement, qui en général n'apparait pas dans les conditions usuelles d'observation, l'éclairement moyen tend vers une valeur asymptotique

$$E_I = 3 : 4\pi^2 x^2, \qquad E_{II} = 1 : 2\pi^2 x^2.$$

On voit dans le tableau ci-après que l'éclairement est notable à des distances relativement grandes.

Une décroissance plus rapide de l'éclairement peut être obtenue par un choix différent de la forme de la source. Limitons la hauteur de la fente à une quantité peu supérieure à sa largeur (source quasi ponctuelle); dans le cas d'une pupille circulaire, l'éclairement est réduit à

$$E_{III} = 4 : \pi^3 x^3.$$

On peut obtenir une répartition de l'énergie diffractée beaucoup plus favorable en donnant à la pupille la forme d'un carré dont une diagonale est parallèle à l'axe de dispersion; la majeure partie de la lumière diffractée est alors localisée en dehors du spectre filiforme, sur les deux bras de la figure en croix bien connue. L'éclairement le long de l'axe de dispersion

est très rapidement décroissant

$$E_{IV} = 4 : \pi^4 x^4.$$

Nous avons cherché à voir comment se présente la résolution d'un satellite, dans les divers cas énumérés, lorsque la diffraction est seule en jeu. Notre appareil d'essai, dépourvu d'organe dispersif, comportait seulement une fente de hauteur variable, un objectif et ses diaphragmes, un châssis porte-plaque monté sur un chariot micrométrique. Le satellite à résoudre était produit en faisant une seconde pose après avoir donné à la plaque un petit déplacement connu, et affaibli la source dans un rapport connu. L'ouverture relative était choisie telle que l'échelle linéaire de la figure de diffraction soit grande ($F : D = 135$).

On est tenté de supposer qu'une image faible pourra être distinguée à la seule condition que son éclairement soit dans un rapport donné avec celui du fond sur lequel elle se projette, rapport dont la grandeur dépendra de la forme de l'image : ligne ou point. En fait, il apparaît indispensable de considérer la valeur absolue de la densité photographique et la grandeur de son gradient local. Sous ces réserves, il est possible de tirer des nombreux essais que nous avons faits des indications numériques utilisables en pratique : un satellite est observable facilement et sûrement à la distance x lorsque son intensité relative est au moins égale aux quantités K dont nous indiquons les valeurs dans le tableau. Dans nos expériences l'unité de distance x était 80^{μ}.

Cas.	x.......	3.	4.	5.	6.	8.	10.
I.	$1 : E_I$....	$0,12.10^3$	$0,21.10^3$	$0,32.10^3$	$0,47.10^3$	$0,83.10^3$	$1,30.10^3$
	K_I....	0,35	0,90	1,80	3,20	7,0	10,0
II.	$1 : E_{II}$...	0,18	0,32	0,50	0,72	1,28	2,0
	K_{II}...	0,20	0,50	0,70	1,00	2,20	4,0
III.	$1 : E_{III}$...	0,67	1,60	3,10	5,40	13,0	25
	K_{III}...	0,70	1,80	3,50	6,30	14,0	32
IV.	$1 : E_{IV}$...	2,00	6,4	15,6	32,5	102	250
	K_{IV}...	1,80	5,0	11,0	25,0	125	>200

On voit que le gain effectivement réalisé sur les dispositions ordinaires par l'emploi d'une source ponctuelle et d'un diaphragme carré, mesuré par le rapport $K_{IV} : K_I$, est considérable. Il est toutefois inférieur au rapport calculé $E_I : E_{IV}$ des éclairements par diffraction, ce qui vient de ce qu'une raie est plus aisément observable qu'un point.

Outre le gain que nous venons d'évaluer, il faut considérer comme un avantage important le fait d'imposer une symétrie particulière à la répartition de la lumière diffractée, et surtout dans le cas d'une distribution continue de l'énergie au voisinage des raies (*pieds* des raies). En effet, le noircissement dû à l'irradiation photographique est pratiquement isotrope : l'énergie du spectre continu est distribuée le long d'une droite ; la quasi-totalité de la lumière diffractée se trouve sur deux droites inclinées à 45° sur le spectre ; enfin la symétrie des aberrations du système optique n'est pas nécessairement l'une des précédentes. Ces différences d'aspect ôtent toute ambiguïté à certaines observations.

Le dispositif décrit ici, qui est en service au spectrographe de Bellevue, a permis de déceler des particularités spectrales nouvelles.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Extension et pouvoir pénétrant des grandes gerbes de rayons cosmiques.* Note [1] de MM. **Pierre Auger**, **Roland Maze** et **Robley**, transmise par M. Jean Perrin.

1. Nous avons montré l'existence dans l'atmosphère de très grandes gerbes de rayons cosmiques attribuables à l'effet d'un seul corpuscule initial d'énergie élevée [2]. Les questions de la nature des particules composant ces gerbes ainsi que l'évaluation de l'énergie totale qu'elles représentent peuvent être abordées par l'étude de leur extension dans l'espace et de leur pouvoir de pénétration. Les résultats présentés ici ont été obtenus dans deux laboratoires de haute altitude, l'observatoire du Pic du Midi (2870^m) et la Station Scientifique du Jungfraujoch (3450^m).

2. L'extension des gerbes peut être déduite de l'étude de la décroissance du nombre de coïncidences entre deux compteurs en fonction de leur distance horizontale. Dans nos expériences le sélecteur de coïncidences était placé auprès d'un des compteurs de telle sorte que pour de grandes distances un retard pouvait s'introduire dans la transmission des impulsions provenant du compteur éloigné. Nous avons pu compenser ce retard grâce à un synchroniseur spécial, qui présente en outre l'avantage de permettre une mesure sûre des coïncidences fortuites, puisqu'il suffit de le dérégler systématiquement pour les obtenir : leur valeur allait de 0,5 à 1 par heure.

---

(1) Séance du 15 mai 1939.

(2) *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 39.

Un essai fait à Paris sur une base de 100^m, entre l'Institut du Radium et l'Institut de Physique du Globe, ayant donné un résultat satisfaisant (0,5 coïncidence vraie par heure), nous avons transporté les appareils au Jungfraujoch. Dans cette station les coïncidences entre deux compteurs de 200^{cm^2} de surface ont été mesurées jusqu'à 300^m de distance, l'un des compteurs étant placé sur le glacier, et les impulsions transmises au laboratoire par un fil posé sur isolateurs. Les résultats, complétés par ceux obtenus au Pic du Midi, sont donnés dans le tableau ci-dessous, fortuites déduites. Les erreurs probables sont inférieures à 10 pour 100 sauf dans la mesure à 300^m où elles atteignent 25 pour 100.

D...	0,05	0,10	0,25	0,5	1	1,5	2,5	4	20	50	75	150	300
C...	580	320	230	190	120	90	81	60	30	15	10	4	1,5

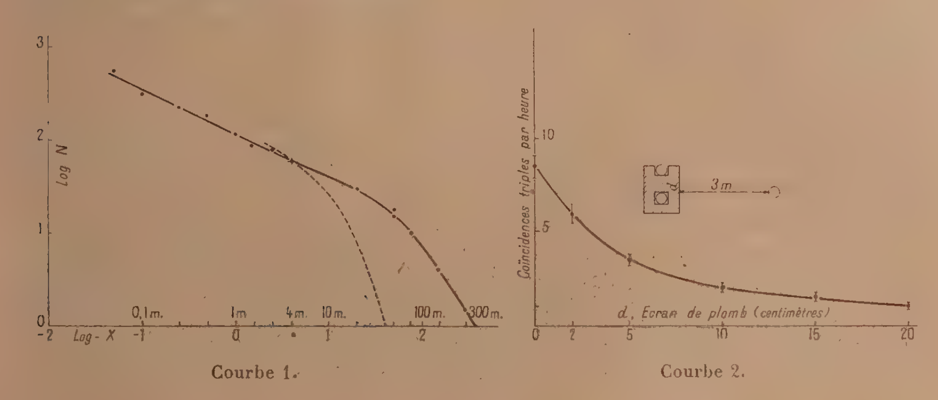
D, distance (mètres); C, coïncidences par heure.

La courbe 1 exprime les mêmes résultats en coordonnées logarithmiques, N est le nombre observé de grandes gerbes par heure, X la distance des compteurs en mètres. Nous avons indiqué en pointillé la courbe calculée par Euler d'après la théorie des gerbes en cascades, pour l'atmosphère. On voit que les deux courbes se séparent aux environs de 20^m, l'expérience montrant une extension des gerbes beaucoup plus grande que les précisions théoriques. Sans doute des particules pénétrantes, comme des mésotons, créées dans la gerbe, vont-elles produire, directement ou par leurs effets secondaires, le déclenchement des compteurs éloignés.

3. Le pouvoir pénétrant a été étudié du Pic du Midi avec un dispositif à trois compteurs en coïncidences triples. Deux de ces compteurs, placés l'un au-dessus de l'autre, étaient entourés d'une épaisse protection de plomb, de 10^{cm} d'épaisseur, latéralement et par dessous, pour arrêter les particules obliques ou remontantes. Un filtre de plomb dont l'épaisseur pouvait aller jusqu'à 20^{cm} les séparait, et enfin le troisième compteur se trouvait à 3^m de distance.

La courbe 2 donne la variation du nombre de coïncidences (c'est-à-dire de grandes gerbes présentant une portion assez pénétrante pour traverser le filtre) en fonction de l'épaisseur du filtre, en centimètres. La décroissance est rapide pour les premiers centimètres de plomb, mais se ralentit après 5^{cm}, et l'on observe encore environ un dixième des déclenchements avec un filtre de 15 à 20^{cm}. Ces parties pénétrantes ne peuvent guère être des électrons isolés, dont l'énergie serait nécessairement extrêmement élevée (au moins 10^{12}); on peut supposer qu'il s'agit de mésotons déclen-

chant les compteurs soit directement soit par leurs électrons secondaires, ou de groupes serrés d'électrons de grande énergie (qui peuvent provenir de la décomposition de mésotons dans l'atmosphère). Des clichés Wilson pris dans des conditions spéciales pour sélectionner les parties pénétrantes des gerbes de l'atmosphère ont montré fréquemment la présences de tels faisceaux étroits d'électrons, qui déterminent dans une plaque de plomb de $1^{cm},5$ des gerbes très fournies.



Courbe 1. Courbe 2.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le ralentissement dans l'air des fragments atomiques résultant de l'explosion de l'uranium.* Note [1] de MM. **Guido Beck** et **Peter Havas**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Pour répondre à une question posée par M. J. Thibaud, nous avons discuté du point de vue théorique le ralentissement des ions lourds de grande vitesse, tels qu'ils se présentent lors du phénomène de la rupture de l'uranium. Nous signalons ici les résultats d'ensemble de cette discussion, qui sera publiée en détail dans un autre Mémoire.

1. La rupture d'un noyau d'uranium produit deux ions lourds, dont la charge initiale est comparable à celle des noyaux respectifs. Nous estimons, par exemple, que l'ion brome produit par la rupture porte une charge initiale d'environ $+ 30e$.

2. La plupart des électrons des couches de Bohr de l'uranium désintégré sont ainsi libérés à la suite de la rupture et s'envolent avec une distribution continue d'énergies (comprises entre zéro et l'énergie de liaison du niveau

(1) Séance du 15 mai 1939.

initial de l'électron en question). Par exemple les électrons K de l'uranium peuvent, lorsqu'ils sont ainsi libérés, atteindre des énergies de 100 KV.

3. Après la rupture, les ions lourds capturent des électrons des molécules de l'air et perdent ainsi successivement leur charge. Nous avons constaté par le calcul, que la capture radiative des électrons est trop faible pour contribuer sensiblement à ce phénomène. Par contre, des processus non radiatifs conduisent à une neutralisation rapide de ces ions lourds. Ces processus consistent en capture d'un électron d'une molécule de l'air, tandis que l'énergie libérée est transmise à un second électron de la même molécule (effet Auger). Les électrons du type Auger sont ici d'une énergie de l'ordre de quelques kilovolts et pourraient être distingués des électrons δ produits par choc élastique, par le fait qu'ils sont en partie émis dans une direction opposée à celle de l'ion incident.

4. La neutralisation de l'ion lourd est si rapide, que l'ion perd sa charge entière avant qu'il soit ralenti jusqu'au repos. Il peut donc traverser, après la neutralisation complète, un parcours considérable, sans ionisation. Ce fait permet d'expliquer les contradictions suivantes observées :

a. Que l'énergie mesurée par ionisation soit environ de 50 pour 100 inférieure à l'énergie de rupture, calculée à partir des défauts de masse [2]. (Cette dernière énergie est environ 230 MeV, dont 150 MeV seraient transmis au plus rapide des deux ions.) Cela indiquerait que l'ion de brome subirait par ionisation une perte de vitesse de $v_0 = 2.10^9$ à $v_g = 1,4.10^9$ cm/sec.

b. Que MM. Thibaud et Moussa [2] et M. Frisch [3] trouvent un parcours ionisant compris entre 1 et 2^{cm} seulement, tandis que M. Joliot [4] a encore recueilli des atomes de recul à une distance de 3^{cm} de la source.

5. La théorie de ce comportement peut être basée sur la formule de Geiger, qui est suffisamment précise dans notre domaine de vitesse,

$$dR = 3\frac{m}{Z^2}Cv^2\,dv = v\,dt, \tag{1}$$

avec

$$Z = Z_0\,e^{-\gamma t}. \tag{2}$$

---

[2] J. Thibaud et A. Moussa, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 652 et 744; *Revue scientifique* n° 3, 1939, p. 182.

[3] O. Frisch, *Nature*, **143**, 1939, p. 276.

[4] F. Joliot, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 341 et 647.

(m = poids atomique de l'ion; Z_0 = charge initiale; C = constante de Geiger; $\gamma = 1/\tau$ = constante moyenne de neutralisation = probabilité de l'effet Auger; v_0 vitesse initiale). Si nous désignons par $R_0 = m/Z_0^2 C v_0^3$ le parcours total sans neutralisation ($\gamma = 0$), nous obtenons les formules suivantes pour les deux alternatives $3\gamma R_0 \lesseqgtr v_0$:

a. Neutralisation faible, $3\gamma R_0 \leqq v_0$,

$$(3)\quad \begin{cases} R = \dfrac{V}{\gamma}\left(\dfrac{v_0}{V} - \text{arc tang}\,\dfrac{v_0}{V}\right); & R_0 < R < 3R_0, \\ V = v_0\sqrt{\dfrac{v_0}{3\gamma R_0} - 1}; & \lim v \to 0, \\ \dfrac{dE}{dR} = \dfrac{M v_0^3}{3R_0}\left\{\dfrac{v_0^3}{3\gamma R_0}e^{2\gamma t} - V^2 e^{4\gamma t}\right\}^{-\frac{1}{2}} \underset{R\to 0}{\longrightarrow} \infty & (M = \text{masse de l'ion}). \end{cases}$$

b. Neutralisation rapide, $3\gamma R_0 \geqq v_0$,

$$(4)\quad \begin{cases} R \to \infty; \quad \lim v \to v_g = v_0\sqrt{1 - \dfrac{v_0}{3\gamma R_0}}, \\ R_{\text{ionisation}} = \dfrac{1}{\gamma}\left(v_0 - v_g + v_g \operatorname{Log}_e \dfrac{2 Z_0 v_g}{q(v_0 + v_g)}\right) \quad ({}^5), \\ \dfrac{dE}{dR} = \dfrac{M v_0^3}{3R_0}\left\{\dfrac{v_0^3}{3\gamma R_0}e^{2\gamma t} + v_g^2 e^{4\gamma t}\right\}^{-\frac{1}{2}} \underset{t\to\infty}{\longrightarrow} 0. \end{cases}$$

Les formules *a* correspondent au cas des ions légers et elles coïncident pour $\gamma \to 0$ avec les formules de Geiger (rayons α et H). Le cas *b* est précisement le cas réalisé pour les ions lourds, résultant de la rupture de l'uranium, comme nous l'avons déjà indiqué plus haut. Nous notons particulièrement, que d'après nos formules pour le cas *b*, l'ionisation dE/dR tend vers zéro de façon monotone, parce que l'ion conserve, contrairement au cas *a*, une énergie cinétique très considérable.

---

(5) q est une charge produisant une ionisation qui n'est plus mesurable; sa valeur dépend donc de la méthode expérimentale. Nous posons $q \cong 2$ et nous obtenons les valeurs $\gamma = 2.10^9\,\text{sec}^{-1}$, $R_{\text{ionisation}} \cong 2$ cm.

CHIMIE PHYSIQUE MINÉRALE. — *Étude conductométrique des solutions d'ions citriques et ferriques en présence et en absence d'eau oxygénée.* Note [1] de MM. **Max Mordechai Bobtelsky** et **Alfred Eliahu Simchen**, transmise par M. Jean Perrin.

On a montré que l'eau oxygénée est décomposée d'une manière catalytique dans des solutions qui contiennent des ions ferriques et citriques; une action catalytique maxima est obtenue pour un rapport déterminé de concentration.

Nous avons fait, à l'aide d'un *lyographe*, des mesures conductométriques continues d'après la méthode visuelle. On peut ainsi, pour chaque essai, fixer le temps de formation (en minutes) du catalyseur (= *temps d'incubation*, durant lequel la décomposition de H^2O^2 est nulle). On obtient en même temps une image quantitative des complexes ferricitriques qui se forment et de leur comportement lors de la décomposition de H^2O^2.

Les tableaux 1 et 2 contiennent un choix condensé des résultats obtenus à 15° (± 0,1) C. La dernière ligne des deux tableaux contient les conductivités sans addition d'eau oxygénée. Il s'ensuit, dans les conditions du tableau 2, un maximum de conductivité pour $3\,Fe^{+++} : 2\,Citr^{---}$ exactement; et un minimum de conductivité pour $2\,Fe^{+++} : 3\,Citr^{---}$ exactement. Nous avons donc, dans la solution aqueuse, deux ions complexes $(Fe^2Citr^3)^{---}$, et $(Fe^3Citr^2)^{+++}$. Les équations suivantes résument la relation entre les deux :

(1) $$2\,(Fe^3Citr^2)^{+++} + 5\,Citr^{---} \rightleftharpoons 3\,(Fe^2Citr^3)^{---},$$

(2) $$2\,(Fe^2Citr^3)^{---} + 5\,Fe^{+++} \rightleftharpoons 3\,(Fe^3Citr^2)^{+++}.$$

L'équation (1) se passe facilement et d'une manière quantitative de gauche à droite; elle est caractérisée par un point anguleux net dans la courbe des conductivités en fonction de la quantité de citrate trisodique (tab. 2). L'équation (2) par contre ne présente pas de point anguleux net dans la courbe de conductivité correspondante (tab. 1). Le déplacement de l'équilibre vers la droite [dans l'équ. (2)] est probablement favorisé par la présence d'H^2O^2, qui, en donnant avec le complexe *labil* $(Fe^3Citr^2)^{+++}$ un composé intermédiaire, se décompose ensuite (Essais n°s 7-10, Tab. 1); le

[1] Séance du 8 mai 1939.

complexe $(Fe^2 Citr^3)^{---}$ par contre est *stable* et inactif. Le *temps d'incubation* de la décomposition catalytique de l'H^2O^2 est presque nul pour un rapport $[Fe^{+++}] : [Citr^{---}] \geqq 3/2$ et tend vers l'infini lorsque ce rapport se rapproche de 2/3 (Tab. 1, nos 1-6; Tab. 2, no 10). En suivant l'évolution de la conductivité pendant la réaction, on obtient à chaque essai une courbe en Z : une première branche presque horizontale (= temps d'incubation, la couleur de jaune citron devient d'un rouge brun foncé), une chute brusque de la conductivité (la couleur redevient jaune), et une dernière branche horizontale.

Tableau 1. — *Composition des solutions :*
25^{cm^3} citrate trisodique 0,02 m + x^{cm^3} $FeCl^3$ 0,1 m + $(20 - x)^{cm^3}$ H^2O + 5^{cm^3} H^2O^2 1,0 m.

Nos	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
…3 $FeCl^3$ 0,1 m	0	2,50	3,75	5,00	5,625	6,25	7,50	8,75	10,0	12,5	13,6	14,3
…e+]/[Citr---]	0	0,50	0,75	1,00	1,125	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5	2,72	2,86
$10^3 \times k_{initial}$	2,03	2,17	2,70	3,85	4,32	4,73	5,67	6,28	6,82	7,87	–	–
$10^3 \times k_{final}$	2,03	2,13	2,48	2,70	2,98	3,12	3,58	4,04	4,52	5,52	–	–
$10^3 \times \Delta$	0	0,04	0,22	1,15	1,34	1,61	2,09	2,24	2,30	2,35	–	–
…mps d'incubation (en min.)	–	–	–	45	29,5	10	4,5	3,5	3	3	–	–
…de la chute (en min.)	–	–	–	70	43	18	9,5	8,5	7,5	7,5	–	–
…ifférence (en min.)	–	–	–	25	13,5	8,0	5,0	5,0	4,5	4,5	–	–
$10^3 \times k$ (sans H^2O^2)	2,0	2,27	2,80	4,30	4,82	5,42	6,42	7,22	7,95	9,25	9,79	10,1

Tableau 2. — *Composition des solutions :*
25^{cm^3} $FeCl^3$ 0,02 m + y^{cm^3} citrate trisodique 0,1 m + $(20 - y)^{cm^3}$ H^2O + 5^{cm^3} H^2O^2 1,0 m.

Nos	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
…3 citrate trisodique, 0,1 m.	0	1,25	2,50	3,33	3,75	4,00	4,50	5,00	5,75	6,25	8,0	9,0	12,0
…itr---]/[Fe+++]	0	0,25	0,50	0,667	0,75	0,80	0,90	1,00	1,15	1,25	1,60	1,80	2,40
$10^3 \times k_{initial}$	3,18	3,63	3,93	4,09	4,04	4,0	3,87	3,85	3,70	3,58	–	–	–
$10^3 \times k_{final}$	3,20	2,75	2,58	2,51	2,54	2,58	2,60	2,70	2,97	3,14	–	–	–
$10^3 \times \Delta$	−0,02	0,88	1,35	1,58	1,50	1,42	1,27	1,15	0,73	0,44	–	–	–
$10^3 \times k$ (sans H^2O^2)	3,31	3,95	4,40	4,45	4,38	4,31	4,19	4,06	3,83	3,71	3,68	4,00	5,00

La différence entre la conductivité initiale et finale de chaque essai augmente de 0 jusqu'à un maximum pour un rapport de $3 Fe^{+++}/2 Citr^{---}$, et diminue ensuite à 0 pour un rapport de $2 Fe^{+++}/3 Citr^{---}$ (Tab. 2). Ces différences indiquent que l'ion $(Fe^3 Citr^2)^{+++}$ se trouve, après la décomposition de toute l'H^2O^2, dans un état final différant de l'état initial.

En répétant l'addition d'H^2O^2 à l'état final mentionné, celle-ci se décompose dans l'espace de quelques minutes sans temps d'incubation; les conductivités initiale et finale sont ici identiques et ne changent pas avec le temps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de formation du benzoate d'ammonium.* Note [1] de Mme **Dora Markowska** et M. **Gabriel Valensi**, présentée par M. Marcel Delépine.

I. Cherchant à généraliser l'interprétation cinétique suggérée par l'oxydation des métaux à température élevée [2], nous avons repris certaines mesures de vitesse de neutralisation d'acides ou bases organiques solides par l'ammoniac ou le gaz chlorhydrique [3]. La formation du benzoate d'ammonium est un premier exemple de ces réactions, toutes du type $A_{sol} + B_{gaz} \to C_{sol}$, mais s'effectuant entre les molécules relativement complexes et au voisinage de la température ordinaire.

II. Les techniques, qui dérivent de celles déjà décrites [4], consistent à suivre isothermiquement, soit la variation de volume de la phase gazeuse dans des expériences isobares, soit sa variation de pression dans des expériences isochores. Le tube laboratoire contenant le corps de fond est immergé dans un thermostat réglé à 0°,01 près, pour des températures comprises entre 0 et 50° C.

III. Nous avons d'abord essayé de suivre l'attaque à *surface constante :* Dans ce but, l'acide est préalablement fondu et des échantillons d'aires mesurables sont prélevés dans le produit de sa cristallisation. La vitesse de fixation d'ammoniac varie du simple au décuple suivant la pureté de l'absorbant et la rapidité avec laquelle il s'est solidifié : Il semble que les cristaux d'acide initial, qui s'édifient en aiguilles parallèles, se disjoignent les uns des autres par suite du retrait lié à ce changement d'état. Les pores ainsi délimités, imparfaitement comblés par la formation ultérieure de benzoate, et dont la distribution dépend des deux facteurs indiqués, régleraient le débit d'ammoniac vers l'acide encore vierge.

IV. Les résultats sont beaucoup mieux reproductibles si l'on utilise directement des *aiguilles indépendantes* provenant de la sublimation du produit d'origine. L'évolution d'échantillons *filiformes* a été analysée par ailleurs [5], et l'équation qui la représente s'écrirait, dans le cas qui nous

---

[1] Séance du 15 mai 1939.

[2] Voir par exemple G. Valensi, Rapport aux *Journées de la Lutte contre la corrosion*. 1er Groupe IV, Paris, nov. 1938 (*Chimie et Industrie*, n° spécial).

[3] A. Hantzsch, *Zeits. phys. Chem.*, **48**, 1904, p. 289; **61**, 1908 p. 475.

[4] G. Valensi, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1405.

[5] G. Valensi, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 602.

occupe,

$$(1)\qquad F(m) \equiv (4{,}167 + m)\log(1 + 0{,}24\,m) + (1 - m)\log(1 - m) = \mathcal{K}\,\frac{t}{d_0^2},$$

m est le rapport entre la quantité transformée et la quantité primitive, t le temps en minutes, d_0 le diamètre initial en centimètres, et $\mathcal{K}$ un coefficient qui dépend des conditions physiques. Les expériences paraîtraient à première vue mal comparables, vu la disparité des aiguilles, très différentes d'une préparation à l'autre et d'épaisseurs comprises entre 10

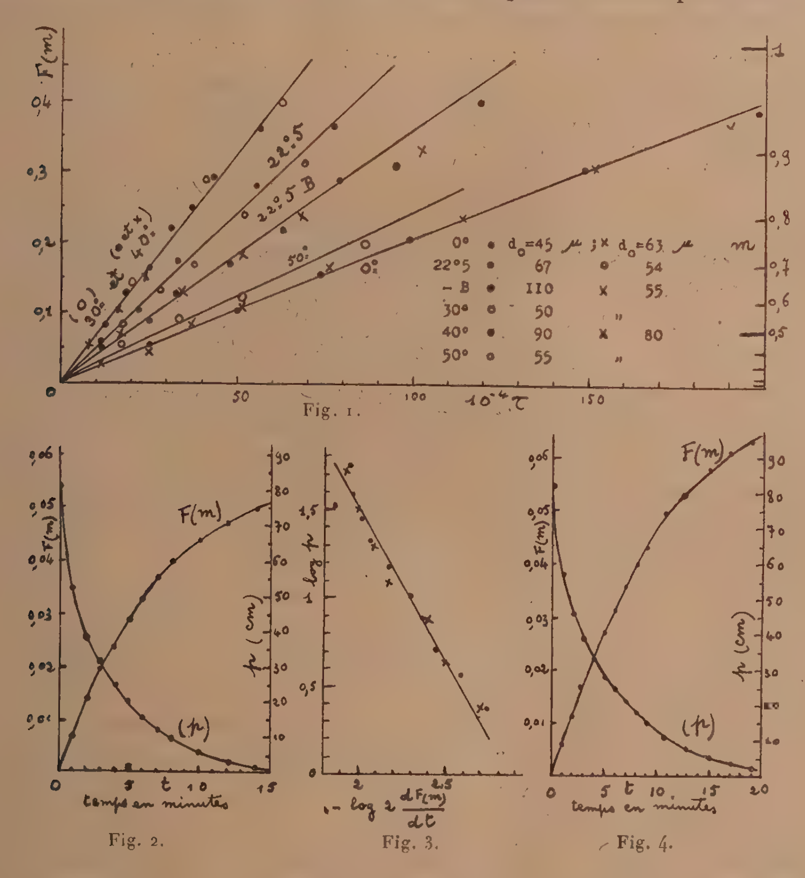


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

et 300$^{\mu}$, avec une zone de fréquence marquée au voisinage de 50$^{\mu}$, dans un même prélèvement. La valeur *la plus probable*, résultant de l'étude micrométrique de cette répartition, a été considérée comme mesurant d_0, et la figure 1 résume les résultats obtenus à diverses températures, sous la

pression de 76^{cm}. La représentation, qui utilise les coordonnées $F(m)$, $\tau = t/d_0^2$ (*ou temps réduit*), élimine l'influence du diamètre : En fait, on peut apprécier la concordance réalisée, en même temps que la validité de la formule (1), imposant des isothermes rectilignes. Notons que la vitesse de neutralisation passe par un *maximum* vers 30° et que la droite 22°,5 B se rapporte à un acide *ordinaire* ne titrant que 96,8 pour 100 avant sublimation.

V. Les figures 2 et 4 expriment à 22°,5 des isochores relatives à deux prélèvements d'une même préparation. La figure 3, qui s'en déduit, traduit en coordonnées logarithmiques la variation de la dérivée $dF(m)/dt$ en fonction de la mesure manométrique. Le coefficient $\mathcal{K}$ apparaît ainsi sensiblement proportionnel à la puissance 0,6 de la pression d'ammoniac.

CATALYSE. — *Comparaison entre l'activité catalytique des deux variétés allotropiques du nickel.* Note [1] de MM. **Georges Le Clerc** et **Henri Lefebvre**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que le nickel obtenu par réduction de NiO par l'hydrogène vers 250° est cubique et ferromagnétique; c'est aussi un catalyseur d'hydrogénation très actif. Il a été récemment signalé par l'un d'entre nous et Michel [2] qu'il acquiert la structure hexagonale quand on le maintient quelques jours à 170° dans une atmosphère de CO. Nous avons constaté que cette transformation allotropique s'accompagne également d'une altération profonde des propriétés catalytiques.

Premier exemple, synthèse de Fischer et Tropsch. — Si l'on envoie un courant du mélange $CO + 2H^2$ à la pression atmosphérique sur du nickel cubique maintenu à 175°, on observe une condensation abondante d'eau et d'hydrocarbures. Après un temps variable avec les conditions de préparation du catalyseur, les condensations diminuent, puis s'arrêtent totalement. Une étude aux rayons X et à l'analyse thermomagnétique montre que le nickel a acquis, au cours même de la catalyse, la forme hexagonale non ferromagnétique, et que la grosseur des cristaux est cependant restée sensiblement la même. Le catalyseur devenu inactif retrouve toute son activité initiale si on le chauffe pendant quelques heures à 250° dans le vide

(1) Séance du 15 mai 1939.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1583.

ou dans l'azote. Or on sait que, par ce traitement, il redevient cubique et ferromagnétique [*loc. cit.* ([2])]. Ce cycle peut être reproduit un très grand nombre de fois identique à lui-même.

Autres exemples. — Si l'on envoie sur du nickel cubique maintenu à 120° un mélange d'hydrogène et de benzène, ou d'hydrogène et de propanone, on obtient sans difficulté du cyclohexane ou de l'alcool isopropylique. Mais l'hydrogénation échoue complètement si l'on cherche à la réaliser en présence de nickel hexagonal préparé au cours de la synthèse d'hydrocarbures et soigneusement débarrassé de tous produits étrangers par lavage à l'éther et dégazage sous vide à 170°.

De même, tandis qu'un mélange d'acétylène et d'hydrogène envoyé sur du nickel cubique froid s'échauffe fortement et subit une importante contraction, il passe inaltéré sur du nickel hexagonal préparé comme il est indiqué ci-dessus.

Dans tous les cas examinés, un chauffage à 250° du nickel hexagonal suffit à lui redonner, en même temps que la structure cubique et ses propriétés ferromagnétiques, toute son activité catalytique.

Ainsi, tandis que le nickel cubique est un catalyseur d'hydrogénation très actif, le nickel hexagonal est inerte. Par contre, le cobalt réduit possède, ainsi que nous l'avons vérifié pour la synthèse de Fischer et Tropsch, une activité égale sous la forme hexagonale et sous la forme cubique. De ces corps, le nickel hexagonal est le seul qui ne soit pas ferromagnétique, et c'est aussi le seul qui ne soit pas catalyseur. Ce fait, qui s'ajoute à ceux que nous avons précédemment signalés ([3]), conduit à penser que l'activité catalytique est, de même que les propriétés magnétiques, en relation étroite avec la structure électronique.

En résumé, nous avons mis en évidence un mécanisme de vieillissement des catalyseurs au nickel utilisés dans la synthèse des hydrocarbures, comparé l'activité catalytique des deux variétés allotropiques du nickel, et donné de nouveaux exemples des rapprochements que l'on peut faire entre l'activité catalytique et le ferromagnétisme.

([3]) Henri Lefebvre et Georges Le Clerc, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1938; Georges Le Clerc, *ibid.*, 207, 1938, p. 1099.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les complexes ammonio-mannito-dimolybdiques. Détermination de la constitution de l'ion complexe par titrage conductimétrique*. Note [1] de Mme **Zina Soubarew-Châtelain**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le dimolybdate acide d'ammonium $(Mo^2O^7)NH^4H$ se combine en solution aqueuse avec une molécule de mannite, $C^6H^{14}O^6$, pour former un composé bien cristallisé de formule globale $2MoO^3, C^6H^{14}O^6, NH^3, H^2O$. Son spectre de diffraction des rayons X est le même que celui d'un sel préparé par G. Tanret [2] qui lui attribue la formule $[(13MoO^3, 7NH^3, 7C^6H^{14}O^6) - 6H^2O], 3H^2O$, et son spectre d'absorption obtenu par réflexion dans l'ultraviolet est très voisin de celui des dimolybdates [3], indiquant la présence du radical $(Mo^2O^7)^{--}$. Ce radical est dissimulé à ses réactifs sensibles habituels.

Le pH d'une solution $0^{mol},01$ est de 2,8. Il présente donc le caractère d'un acide relativement fort.

Les diagrammes des variations de conductibilité de ses solutions en fonction de la neutralisation progressive par un alcali et les mesures de pH aux différentes phases de l'opération indiquent les transformations subies et permettent de déterminer la constitution de ce complexe. J'ai pu même, en mesurant la vitesse de déplacement de l'aiguille d'un microampèremètre, utilisé comme appareil de zéro dans mes mesures de conductibilité, me rendre compte des vitesses relatives des réactions. Cette méthode peut être appliquée d'une façon générale à l'étude des complexes.

L'effet de l'addition progressive de la première molécule de soude est représentée sur la courbe par AB. L'équilibre en chaque point s'établit très rapidement et le phénomène correspond à la neutralisation d'un ion H.

Entre B et C, l'équilibre est très lent à s'établir : le temps nécessaire pour l'obtenir est de l'ordre de 25 minutes après chaque addition de soude; nous nous trouvons en présence de la destruction progressive du complexe instable dans ce milieu de pH variant de 5,2 à 7,6.

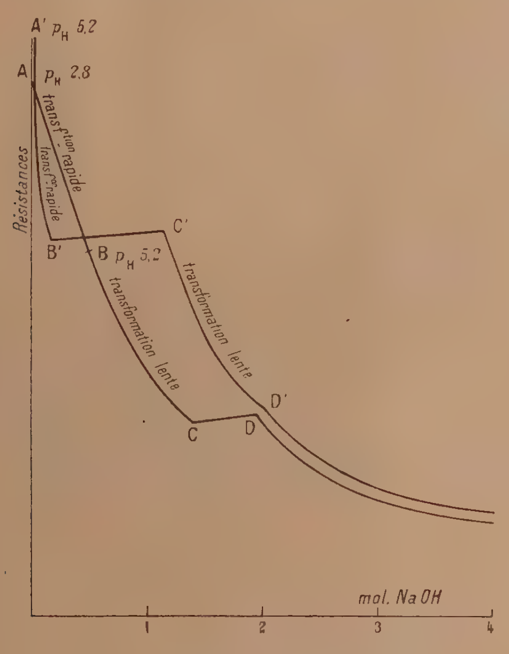
---

(1) Séance du 15 mai 1939.

(2) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1500.

(3) Z. Soubarew-Chatelain, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 88 et 1153.

De C à D, le palier correspond au déplacement de l'ammoniaque par la soude dans le molybdate d'ammonium $MoO^4(NH^4)^2$, résultant de la destruction du complexe. Enfin, à partir de D, l'allure de la courbe indique une diminution régulière de la résistance due à l'alcali libre.



Courbes de titrage conductimétrique.

Il est donc possible d'attribuer au composé initial la formule

$$\left[\begin{matrix} Mo^2O^7H.C^6H^{14}O^6 \\ NH^3 \end{matrix}\right]H,$$

ou acide ammoniomannitodimolybdique et les réactions qui se succèdent au cours de la neutralisation seraient, au point B,

$$\left[\begin{matrix} Mo^2O^7H.C^6H^{14}O^6 \\ NH^3 \end{matrix}\right]H + NaOH \rightleftharpoons \left[\begin{matrix} Mo^2O^7H.C^6H^{14}O^6 \\ NH^3 \end{matrix}\right]Na + H^2O;$$

(ce dernier sel est fortement hydrolysé); entre B et C,

$$\left[\begin{matrix} Mo^2O^7H.C^6H^{14}O^6 \\ NH^3 \end{matrix}\right]Na + 2NaOH = MoO^4Na^2 + MoO^4NH^4Na + C^6H^{14}O^6 + H^2O;$$

entre C et D,

$$MoO^4NH^4Na + NaOH = MoO^4Na^2 + NH^4OH.$$

En effectuant la neutralisation de l'acide complexe par l'ammoniaque, j'ai isolé le sel neutre correspondant au point B de la courbe : l'ammonio-mannito-dimolybdate d'ammonium de formule

$$\left[\begin{matrix} Mo^2O^7H.C^6H^{13}O^6 \\ NH^3 \end{matrix}\right]NH^4.$$

Ce composé est très soluble dans l'eau et cristallise en gros cristaux d'aspect vitreux. Sa solution $0^{mol},01$ a un pH 5,2; soumise à l'action progressive de la soude, elle subit des variations de résistance que représente l'allure de la courbe A'B'C'D'. L'analyse de cette courbe montre que l'ammoniaque est déplacé dès le début (A'B'C'). La portion C'D' correspond à la destruction lente du radical mannito-dimolybdique suivie de sa transformation en molybdate normal MoO^4Na^2 et en mannite $C^6H^{14}O^6$, termes finaux de la réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydrogénation catalytique par le nickel : Nouvelles applications, essais de cinétique.* Note [1] de MM. **Léon Palfray**, **Sébastien Sabetay** et **Alexandre Halasz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons exposé [2] les premiers résultats obtenus dans la déshydrogénation des alcools, au moyen du nickel comme catalyseur. Nous en avons étendu l'application à d'autres types d'alcools et fait des essais spéciaux en vue de déterminer les meilleures conditions de *temps de chauffage*, *température, quantité relative de nickel* etc.

I. *Tétrahydroionol.* — Le tétrahydroionol, déjà préparé et étudié par nous, a un point d'ébullition élevé : E_{15} 134° 5 et aboutit, par déshydrogénation, à la tétrahydroionone, semi-carbazone F. 194-195°.

a. Durée de chauffage. — Des échantillons de 10^g de tétrahydroionol, additionnés de 5 pour 100 de nickel usagé, sont chauffés à 220°, pendant des temps croissants. On filtre et dans le filtrat on titre la cétone par oximation. En outre, l'alcool restant étant bloqué sous forme d'ester borique, la cétone est isolée directement par distillation et identifiée sous forme de semi-carbazone.

---

(1) Séance du 15 mai 1939.

(2) L. Palfray et S. Sabetay, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 109.

Temps..........	5 m.	10 m.	15 m.	30 m.	1 h.	2 h.	4 h.
Cétone pour 100..	20	38	56	68	69	73	78

On voit que la vitesse de déshydrogénation diminue sensiblement en même temps que la concentration, ce qui est tout naturel. Mais l'alcool récupéré a été de nouveau traité par Ni, à 220°, et déshydrogéné à son tour, ce qui montre que la réaction est pratiquement totale.

b. Température optimum. — Des échantillons de 10^g de tétrahydroionol, avec 5 pour 100 de nickel, sont chauffés pendant une heure, à des températures croissantes. A la fin, on dose, comme ci-dessus, l'alcool par acétylation pyridinée, la cétone par oximation.

Température (°C.)........	150.	170.	190.	220.	230.	250.	255.
Cétone pour 100........	3,5	12,5	30	58	68	80	75
Alcool »	94	83	67	34	26	11	11

On remarque que la température optimum est 250°. Mais déjà l'alcool non déshydrogéné ne se retrouve plus en totalité. Il y a déshydratation partielle, à 250° et surtout à 255°. De fait, par distillation, on sépare une fraction de tête : c'est du carbure.

c. Quantité de nickel. — A 250°, pendant 1 heure, on chauffe des échantillons de 10^g avec des quantités croissantes de nickel. On dose la cétone par oximation.

Ni pour 100............	0,5	1	2	5	10
Cétone pour 100........	38	56	62	78	77

On voit que la proportion optimum est 5 pour 100.

II. *Tétrahydrométhylionol.* — Cet alcool, préparé par hydrogénation d'une méthylionone technique (iraldéine) a été aussi traité par le nickel à 250°. On obtient la tétrahydrométhylionone (mélange d'isomères, comme le corps de départ) E_{15} 141-142°, n_D^{19} 1,4685.

III. β. *Décalol.* — Le β-décalol, E_{27} 137-138°, a été chauffé pendant 2 heures à 240°. Du produit final, on a isolé la cétone correspondante ou β décalone; E_{15} 114-115°, d_4^{19} 0,9843, n_D^{19} 1,4841, semi-carbazone F. 197°.

IV. *Cyclohexanediols.* — *a. Cyclohexanediol*-1.2 (*pyrocatéchite*). — Ce corps ne se laisse pas déshydrogéner facilement. Après digestion, à 240°, pendant 2 heures, on élève la température pour chasser tout ce qui peut passer au-dessous de 190°. A ce moment, on laisse retomber la température du bain à 240° et recommence ainsi plusieurs fois. Finalement, tout le distillat est jeté dans une solution de bisulfite. La combinaison bisulfitique, bien lavée à l'éther, est hydrolysée et libère un corps fondant à 135° (Maq. inst.), à 89° en tube capillaire, très sublimable et réduisant à froid la

liqueur de Fehling. Ce sont les caractères de la cyclohexanolone-1.2 ([3]).

b. Cyclohexanediol-1.3 (*résorcite*). — Il se comporte tout différemment. Dès le début du chauffage à 260°, il se produit une mousse abondante, puis un peu d'eau distille et enfin les vapeurs passent régulièrement à 156°. Après décantation, on fractionne et isole ainsi la *cyclohexanone* pure (semi-carbazone F. 168°) et la réaction est totale; l'hydrogène, arraché à l'alcool, s'est fixé sur la liaison éthénique résultant de la déshydratation. Si l'on fait un essai analogue sous vide partiel, à 200°, la réaction est beaucoup plus lente et demeure incomplète.

c. Le cyclohexanediol-1.4 (*quinite*) réagit paresseusement. Après 3 heures, le taux d'oximation n'atteint que 36 pour 100. Le composé cétonique, séparé du diol restant, donne une semi-carbazone F. 310°, identique à celle que fournit l'oxydation chromique.

d. Mélange des trois cyclohexanediols. — D'après ce qui précède, on pourra identifier et doser la résorcite dans un mélange des trois cyclohexanediols. Un tel mélange, fait à parties égales, nous a en effet permis d'isoler la cyclohexanone dérivant de la résorcite, avec un excellent rendement.

V. *Cholestérol.* — Il s'agit ici de passer d'un stérol à la cétone correspondante. Par oximation, nous avons dosé la fonction cétone. On n'a pas recueilli tout l'hydrogène déplacé, qui s'est fixé en partie sur la liaison éthénique du cholestérol. La réaction principale est régulière, car on trouve

Temps en minutes	5.	15.	30.	60.
Cétone pour 100	6	58	64	70
Alcool pour 100	95	44	33	30

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les éthers des dioxytriazines.*

Note de M. **Eugène Cattelain**, présentée par M. Marcel Delépine.

J. Bougault ([1]) a montré que les dioxytriazines, qui résultent de la cyclisation des semi-carbazones des acides α-cétoniques,

N—NH—CO
R—C   NH² —H²O → R—C(6) N(1)—NH(2) (3)CO (5)CO—NH(4)
COOH

([3]) Dans la littérature, on trouve pour F des valeurs allant de 90° à 130°, sans indicateurs de technique.

([1]) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 83 et 631, et *Ann. Ch.*, 5, [9], 1916, p. 317.

se comportent comme des monoacides titrables en présence de la phénolphtaléine, mais donnent cependant des monoéthers et des diéthers.

Étant donnés, d'une part, le caractère électronégatif de l'hydrogène des groupements NH et, d'autre part, les possibilités d'énolisation du groupement CO situé en (3), on peut prévoir, pour les monoéthers, quatre isomères de position

```
     N___NH              N___NR              N___NH              N___N
R—C<        >CO     R—C<        >CO     R—C<        >COR    R—C<        >COR
     CO   NR             CO   NH             CO   N              CO   NH
     (I).                (II).               (III).              (IV).
```

et, pour les diéthers, trois isomères de position

```
     N___NR              N___NR              N___N
R—C<        >CO     R—C<        >COR    R—C<        >COR
     CO   NR             CO   N              CO   NR
     (V).                (VI).               (VII).
```

Parmi les quatre monoéthers prévus, deux sont maintenant connus : l'un, (I), a été préparé par J. Bougault, le second, (II), a pu être obtenu par une méthode indirecte qui éclaire la constitution des éthers des dioxytriazines.

En effet, nous avons constaté que les S-éthers des sulfoxytriazines s'hydrolysent, sous l'action de l'acide chlorhydrique en milieu alcoolique, en donnant les dioxytriazines correspondantes et un mercaptan

```
     N___NH                  +H2O         N___NH
R—C<        >CS—R         ——→        R—C<        >CO + R—SH
     CO   N                               CO   NH
```

et que, suivant le même processus, les diéthers des sulfoxytriazines fournissen e monoéther de la dioxytriazine correspondante et un mercaptan

```
     N___NR                  +H2O         N___NR
R—C<        >CS—R         ——→        R—C<        >CO + R—SH
     CO   N                               CO   NH
```

Constitution des monoéthers. — J. Bougault a montré que les monoéthers des dioxytriazines préparés par alcoylation directe possèdent la forme (I). Les monoéthers que nous avons obtenus par hydrolyse chlorhydrique des diéthers des sulfoxytriazines sont différents des précédents; ils doivent donc correspondre à la forme (II), ce que démontre leur synthèse à partir des

semicarbazides 2-substituées et des acides α-cétoniques

$$R{-}CO{-}COOH + CO\begin{smallmatrix} N(R){-}NH^2 \\ NH^2 \end{smallmatrix} \xrightarrow{-H^2O} R{-}C(=N{-}N(R){-}CONH^2){-}COOH \xrightarrow{-H^2O} R{-}C\begin{smallmatrix} N{-}NR \\ CO{-}NH \end{smallmatrix}CO$$

Constitution des diéthers. — Les diéthers obtenus par éthérification des monoéthers de la forme (II) s'identifient avec ceux obtenus par J. Bougault en éthérifiant les monoéthers de la forme (I), ce qui fixe définitivement leur constitution [forme (V)] : même point de fusion, aucun abaissement de température à l'épreuve du mélange.

Ces diéthers, comme on pouvait le prévoir, ne subissent pas l'hydrolyse chlorhydrique, cette propriété paraissant appartenir seulement aux éthers de la fonction énolique.

Composés nouveaux obtenus.

Monoéthers de la benzyldioxytriazine.	P. F.
Monométhylique-2	137°
Monoéthylique-2	103
Monobenzylique-2	113

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le l-citronnellol.* Note de M. **Jean Dœuvre**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

L'étude de la constitution du citronnellol et du rhodinol a fait durant la dernière décade de très grands progrès : la mise en jeu de méthodes chimiques (ozonolyse) et de méthodes physicochimiques (effet Raman, dispersion rotatoire) a apporté une importante contribution à la solution des problèmes structuraux dans cette série.

Néanmoins il restait un composé, le *l*-citronnellol, dont l'isolement à l'état structural unique ne semblait pas avoir été réalisé de façon certaine : nous avons voulu combler cette lacune, en nous proposant d'obtenir le corps lévogyre, le diméthyl-3-7 octène-6 ol, qui est le véritable citronnellol, correspondant à la forme isopropylidénique β, à l'exclusion de la forme isomérique méthylénique α.

(α) $CH^2{=}C(CH^3){-}CH^2{-}CH^2{-}CH^2{-}CH(CH^3){-}CH^2{-}CH^2OH.$

(β) $CH^3{-}C(CH^3){=}CH{-}CH^2{-}CH^2{-}CH(CH^3){-}CH^2{-}CH^2OH.$

Le *l*-citronnellol se trouve, dans les essences de rose et de géranium, mélangé avec le géraniol; son isolement par les méthodes chimiques aboutit généralement à un mélange des deux formes isomériques α et β : le chlorure de benzoyle, par exemple, conduit à ce résultat [1] à [5]. Nous avons utilisé comme matière première un échantillon (citronnellol + géraniol) provenant de l'essence de géranium Bourbon simplement saponifiée et rectifiée soigneusement.

L'application, à ce mélange, de l'action du sodium dans l'ammoniac liquide, qui réduit le géraniol et laisse intact le citronnellol [6], n'a pas donné de bons résultats : la réduction s'effectue partiellement à chaque opération, et tend à s'atténuer.

Nous avons été amené à déshydrogéner catalytiquement sur le cuivre, à 215°, sous la pression de 30^{mm}, le mélange citronnellol-géraniol : les aldéhydes (citronnellal et citral), engendrés sans isomération entre les formes α et β, sont alors séparables par rectification. Le *l*-citronnellal isolé, Eb_{10} 86-87°; d_4^{17} 0,854, est constitué essentiellement par le diméthyl-3-7 octène-6 al, comme l'a montré l'ozonolyse de sa semicarbazone [3] et [5] : son activité optique indique $[\alpha]_{17}^{578}$ — 6°,21; $[\alpha]_{17}^{546}$ — 7°,14; $[\alpha]_{17}^{436}$ — 15°,12; d'où $\alpha_{436}/\alpha_{546} = 2,12$.

La réduction du *l*-citronnellal, par C^2H^5OMgCl, engendre le le *l-citronnellol* (rendement 45 pour 100), liquide d'odeur rosée : Eb_{10} 108-109°$_{corr.}$; d_4^{18} 0,859; n_C^{18} 1,4539; n_D^{18} 1,4576; n_F^{18} 1,4635; tension superficielle, γ_{17} 29,2 dynes/cm, d'où parachor observé 422; calculé (incréments de Sugden et OH 30,4) 429; $[\alpha]_{18}^{578}$ — 2°,15; $[\alpha]_{18}^{546}$ — 2°,40; $[\alpha]_{18}^{436}$ — 4°,38; d'où $\alpha_{436}/\alpha_{578} = 2,03$; $\alpha\alpha_{546}/_{436} = 1,82$.

Le *l*-citronnellol montre, à l'aide du brome et sans se colorer en bleu, un indice de non-saturation de 101 pour 100; par acétylation, un indice d'hydroxyle de 99,4 pour 100. Son allophanate fond à 106-107°, et son mélange avec l'allophanate du *d*-citronnellol (F. 105-106°) ne donne pas lieu à une dépression du point de fusion.

L'ozonolyse de l'alcool et celle de l'allophonate permettent d'isoler de

(1) GRIGNARD et DOEUVRE, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 270 et 330; *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 809.

(2) DOEUVRE, *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 1098.

(3) DOEUVRE, *Les parfums de France*, 12, 1934, p. 197.

(4) NAVES, BRUS et ALLARD, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1112.

(5) DOEUVRE, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1936, p. 612.

(6) CHABLAY, *Ann. Chim.*, 8, 1917, p. 145.

l'acétone provenant du groupement isopropylidénique. La détermination, par ozonolyse ([5]), du groupement méthylénique terminal ($CH^2=$) indique pour le citronnellol une teneur inférieure à 1 pour 100, et pour l'allophanate une teneur nulle.

L'activité optique, en valeur absolue, est moindre que dans le *d*-citronnellol; mais les rapports de dispersion rotatoire se montrent très voisins, soit avec l'antipode ([7]) de même forme isomérique β, soit avec des mélanges des formes α et β ([3]), ([4]) et ([8]); dans ce dernier cas la double liaison, éloignée du carbone asymétrique, a une action très affaiblie.

Nous avons ainsi obtenu un *l*-citronnellol qui comprend au moins 99 pour 100 de la forme isopropylidénique, et nous estimons que cet alcool existe dans l'essence de géranium Bourbon essentiellement sous cette forme structurale. Est-elle à l'origine rigoureusement unique sans la présence d'une petite quantité de la forme méthylénique? Les multiples traitements effectués ne permettent pas de donner une réponse certaine.

GÉOLOGIE. — *La tectonique des terrains antéstéphaniens de la Cordillère cantabrique dans le Nord du Léon.* Note de M. **Pierre Comte**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Les terrains anciens du Nord du Léon n'ont pas été affectés par le métamorphisme et sont fossilifères dans presque toute leur épaisseur; on peut y distinguer de nombreuses zones dès le Cambrien moyen, et la formation la plus ancienne, sans doute précambrienne, les Grès de la Herreria, se reconnaît assez aisément à son faciès. La région se prête donc à une étude structurale objective, uniquement appuyée sur des faits. Les données que j'apporte résultent de levers au 25000e, effectués à la suite de recherches stratigraphiques ([1]).

Quelques rivières, le Torio ou le Curueño par exemple, descendent vers le Sud en coupant à peu près normalement la plupart des couches apparte-

---

([7]) Lagneau, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 166.

([8]) Angla, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2241.

([1]) La composition de la série antéstéphanienne, qui a d'ailleurs enregistré des mouvements se plaçant à la fin du Dévonien et au début du Carbonifère, est exposée dans les Notes suivantes : *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 337; 204, 1937, p. 604; 206, 1938, p. 1496 et 1741; *Congr. Soc. sav.*, Nice, 1938, p. 181.

nant aux terrains en question. Ces couches sont le plus souvent renversées avec un pendage de l'ordre de 60° secteur Nord. Mais c'est leur succession surtout qu'il est intéressant de suivre : on y observe fréquemment des répétitions qui s'effectuent toujours dans le même sens avec le Cambrien ou même le Précambrien faisant directement suite au Carbonifère [2]. Une pareille disposition met en évidence une structure en écailles.

Ces écailles ont leur base tournée vers l'intérieur de la chaîne, mais elles ont en outre subi un renversement vers le Sud. Au Nord de la région de Sabero, il existe cependant une écaille qui n'a pas accusé ce renversement : des calcaires cambriens viennent alors reposer sur du Dévonien supérieur; l'amplitude du chevauchement en direction Nord et Nord-Ouest peut atteindre ici quelques kilomètres.

Le mode de formation des écailles peut s'observer en plusieurs points, en particulier aux environs du village de Villar : en se déplaçant de l'Ouest à l'Est de cette localité, on voit un anticlinal resserré dont le plan axial est un peu incliné vers le Sud, prendre rapidement une grande amplitude et son flanc Nord s'étirer, puis disparaître. Il y a quelquefois rupture de couches, mais le style souple domine très nettement.

Certaines écailles se suivent sans discontinuité sur un front de 60^{km}. Une écaille peut être prise en relais par une autre, apparue légèrement en avant ou au contraire un peu en retrait; ceci se réalise en particulier près de Villamanin.

La direction Est-Ouest des écailles est la plus fréquente, mais ne se suit en général pas longtemps, elle est en effet très variable et peut changer très brusquement, quelquefois à angle droit, ou même subir un rebroussement presque complet. De tels rebroussements s'observent près de Nocedo de Curueño, où deux écailles sont prises en écharpe par une troisième qui, contrairement aux précédentes, comporte une épaisse masse de Grès de la Herreria à sa base. Des plissements traduisant d'importantes actions transversales ont donc affecté les écailles elles-mêmes; ceci constitue une des particularités essentielles de ce style tectonique. Les changements rapides de direction n'aboutissent cependant jamais à de véritables décrochements : ici encore le style souple domine.

Presque toute la bordure Sud de la Cordillère est occupée par du

---

(2) MALLADA et BUITRAGO, au cours de leurs recherches sur le Cambrien de la Cordillère, avaient déjà noté des faits de cet ordre; voir *Bol. com. mapa geol. España*, 5, 1878, p. 177.

Houiller stéphanien assez fortement plissé qui repose en discordance sur les formations précédentes. La discordance est bien *asturienne*, car la partie inférieure de ce Houiller transgressif se rapporte à l'assise de Rive-de-Giers, tandis que dans les terrains antérieurs, le Westphalien C et même peut-être une partie du Westphalien D sont représentés.

Plus au Sud encore, une dépression périphérique, de direction moyenne Est-Ouest, longe la chaîne et la sépare du plateau tertiaire de Castille. Dans cette dépression apparaissent souvent des terrains crétacés, très redressés du côté de la chaîne. Certaines données sur ce Crétacé ainsi que l'analyse des plissements des couches houillères montrent que l'architecture actuelle des terrains antéstéphaniens est due à l'action combinée de plusieurs mouvements qui se sont succédé dans le temps. Nous reviendrons prochainement sur cette question.

GÉOPHYSIQUE. — *Volcanisme et chimie nucléaire.*
Note [1] de M. **Jacques Noetzlin**, transmise par M. Jean Perrin.

J'ai présenté récemment une hypothèse nouvelle sur la cause des éruptions volcaniques [2] : celles-ci seraient les contre-coups superficiels de réactions nucléaires à l'échelle macroscopique se déroulant à quelques dizaines de kilomètres de profondeur dans ce qu'on est convenu d'appeler les poches volcaniques.

Je donne ici la théorie, tirée de l'étude de ce phénomène, d'une réaction nucléaire macroscopique du type des réactions par chaînes de la chimie moléculaire. Le neutron a été choisi comme agent de la réaction, qui a ainsi une base expérimentale bien établie : la rupture des noyaux d'uranium bombardés par neutrons. Je me place dans le cas simple des neutrons rapides et d'une réaction neutrogène et d'une réaction neutrophage indépendantes l'une de l'autre. Le domaine de la réaction a été supposé illimité, c'est-à-dire très grand par rapport au libre parcours des neutrons dans la matière.

Cette théorie donnera donc les conditions spécifiques de la stabilité nucléaire de la matière, dans le cas simple envisagé, sous deux réserves : la première est la condition de l'amorçage, qui relève d'une théorie

(1) Séance du 15 mai 1939.
(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1100.

discontinue; d'autre part, les conditions dimensionnelles, résultant de l'étude des mêmes réactions en domaine plus restreint, ont été données récemment par F. Perrin ([3]).

Soient : ν_0, le nombre des neutrons émis dans une réaction neutrogène élémentaire; β, le rapport des sections efficaces de réaction des noyaux neutrogènes et des noyaux neutrophages pour les neutrons; k, le coefficient de vitesse de la réaction neutrophage (βk est alors celui de la réaction neutrogène); n, m, p, les concentrations respectives en neutrons, en noyaux neutrogènes et en noyaux neutrophages.

La réaction macroscopique est décrite par le système d'équations différentielles

$$\frac{dn}{dt} = [(\nu_0 - 1)\beta m - p]kn, \qquad \frac{dm}{dt} = -\beta kmn, \qquad \frac{dp}{dt} = -kpn.$$

De l'étude de ce système résulte une première condition, statique, de stabilité nucléaire de la matière

$$(\nu_0 - 1)\beta m < p.$$

Cet état de choses devant être l'état normal, il ne peut être troublé que par des processus géologiques lents, et la réaction démarrera dès que l'inégalité aura été retournée, sous réserve de ce qui a été dit pour l'amorçage. Je pose donc à partir de maintenant comme condition initiale d'une réaction nucléaire par chaînes

$$p_0 = (\nu_0 - 1)\beta m_0(1 - \varepsilon),$$

où ε est une quantité positive très petite.

De l'évolution de la réaction, une fois démarrée, je dégage ensuite une deuxième condition, cinétique, de stabilité nucléaire, savoir

$$\beta > 1.$$

Quand $\beta > 1$, si, à un moment donné $(\nu_0 - 1)\beta m - p$ devient positif, la réaction pourra démarrer; mais, après une consommation de noyaux neutrogènes proportionnelle à ε, elle se désamorcera : la matière est en équilibre nucléaire stable.

Quand $\beta \leq 1$, toute explosion amorcée est, en théorie complète. La matière est en équilibre nucléaire instable.

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1394.

Mais une explosion nucléaire ne peut pas intéresser, comme je le suppose dans cette théorie simplifiée, une quantité illimitée de matière. F. Perrin a montré qu'il y avait une quantité de matière minima, fonction de la composition du mélange, au-dessous de laquelle toute explosion nucléaire était impossible. Si l'on se représente donc les conditions d'instabilité se constituant petit à petit au sein d'une masse de roches nucléairement stables, on sera amené à admettre qu'aussitôt la quantité minima de mélange instable obtenue, elle explosera, arrêtant momentanément, par ses effets mécaniques, la préparation d'une plus grande masse explosive.

J'ai intégré le système pour $\beta = 1$ et pour $\beta = 1/2$. Donnant alors aux paramètres des valeurs en accord avec l'expérience faite sur l'uranium et définissant une inconnue auxiliaire $\gamma = (m_0 - m)/m_0$, je trouve que, si $\beta = 1$, il faut 4 secondes pour que γ passe de 10^{-10}, valeur pour laquelle le dégagement de chaleur est encore négligeable, à 10^{-2}, valeur pour laquelle les effets mécaniques du phénomène seraient déjà trop catastrophiques pour qu'il puisse l'atteindre. Dans le cas où $\beta = 1/2$, il faut un tiers d'année pour que γ passe de 10^{-10} à 10^{-9}, mais par contre la quasi-totalité de la chaleur est débitée en 10^{-3} seconde pour arriver à 10^{-2}.

GÉOPHYSIQUE. — *Nouvelle preuve expérimentale du relèvement de la température des hautes couches de la stratosphère*. Note [1] de Mme **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

Si l'on observe la lumière venant du Soleil et diffusée au zénith par l'atmosphère, on peut montrer que la plus grande partie de la lumière reçue provient d'une région relativement limitée que l'on peut appeler couche diffusante. En effet, l'intensité de la lumière reçue par l'observateur dépend de deux facteurs : densité de l'air au point où se produit la diffusion et facteur de transmission de l'atmosphère traversée, ces deux termes variant en sens inverse quand le point où se produit la diffusion s'élève sur la verticale du lieu d'observation. De plus, on peut montrer que l'altitude moyenne de la couche diffusante augmente avec la distance zénithale ; et pour une distance zénithale donnée elle est d'autant plus élevée que le coefficient d'absorption de la lumière par l'atmosphère est plus grand.

---

(1) Séance du 15 mai 1939.

Götz, Meetham et Dobson ([2]), ainsi que Chapman ([3]), ont montré, les premiers expérimentalement, le second théoriquement, que, lorsque le Soleil est bas sur l'horizon ($Z = 85°$ environ), la couche diffusante pour une longueur d'onde fortement absorbée par l'ozone est au-dessus d'une partie de ce gaz, tandis qu'au même instant, pour une longueur d'onde plus grande peu absorbée, elle est encore au-dessous. Ceci conduit, lorsque Z varie, à un minimum du rapport des intensités pour ces deux longueurs d'onde, et c'est ce qui constitue l'*Umkehreffekt* découvert par Götz en 1929.

On voit que les trajets suivis par les rayons lumineux pour différentes distances zénithales ne sont pas les mêmes et s'élèvent dans l'atmosphère à mesure que la distance zénithale croît. Il était donc intéressant de rechercher expérimentalement si ce phénomène ne comportait pas également une variation de l'effet de température sur les bandes de l'ozone.

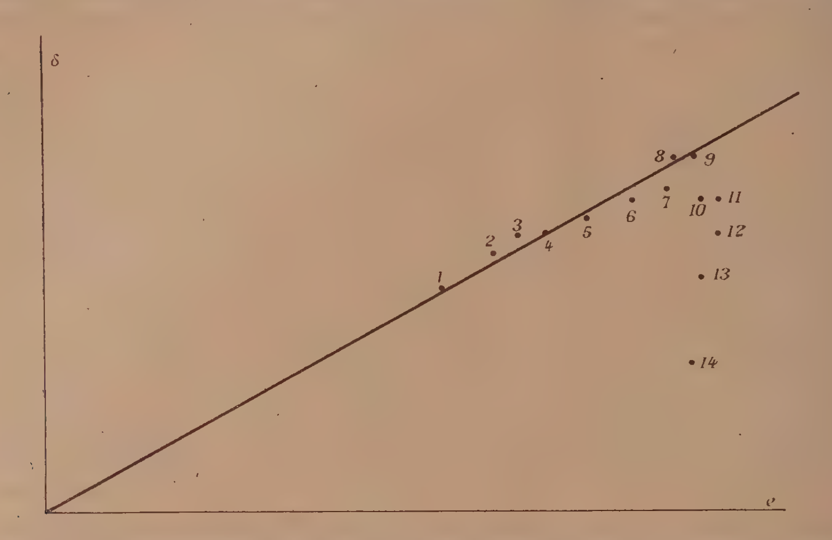
C'est dans ce but que nous avons obtenu à l'Observatoire du Mont-Ventoux des spectres de la lumière diffusée au zénith avec un spectrographe à optique de quartz ouvert à $f/4,5$, le Soleil ayant des distances zénithales comprises entre 80° et 95°. La gradation était effectuée également sur le ciel lorsque Z était voisin de 50°. Après enregistrement microphotométrique, nous avons pu comparer pour les maxima et les minima d'absorption de l'ozone les brillances du ciel à deux instants donnés.

En portant en abscisses les coefficients d'absorption de l'ozone et en ordonnées les brillances relatives du ciel, les points représentatifs se placent sur des courbes dont la courbure est d'autant plus accentuée que les trajets suivis pour les diverses longueurs d'onde sont plus différents. En effet, ceci ne provient pas de l'absorption par diffusion moléculaire, car sa variation dans l'étroit domaine spectral utilisé est négligeable par rapport à la variation correspondante de l'absorption par l'ozone, mais provient d'une différence effective dans les trajets suivis au même instant par les rayons lumineux de différentes longueurs d'onde. Ces trajets étant déterminés surtout par le coefficient d'absorption, nous avons utilisé les minima 3240 et 3268 Å dont les coefficients d'absorption sont compris entre ceux des maxima 3248, 3279 et 3312 Å.

On sait ([4]) que la différence d'absorption entre un maximum et un minimum voisins est fonction linéaire, d'une part, de l'épaisseur d'ozone;

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, **145**, 1934, p. 416.
([3]) *Phil. Trans.*, **234**, 1935, p. 205.
([4]) E. Vassy, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1363.

d'autre part, de la température (du moins entre + 20 et — 100°C.). Sur la figure, on a porté pour les spectres correspondant à des distances zénithales croissantes, en abscisses la moyenne e des épaisseurs d'ozone tra-



versées (évaluées au moyen des trois maxima), et en ordonnées la somme δ des différences d'absorption relatives aux deux minima. S'il n'y avait pas de variation de température, tous les points se placeraient sur une droite passant par l'origine. Or, si l'on constate que les points correspondant aux plus faibles distances zénithales se placent approximativement sur une telle droite, on voit que les derniers s'en écartent systématiquement et dans le sens correspondant à des températures croissantes.

Nous avons ainsi mis en évidence, par un procédé nouveau et plus direct, le relèvement de la température des couches élevées de la stratosphère, et nous nous proposons de faire une étude quantitative du phénomène.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Comparaison de l'action sur le Blé et le Lin de diverses substances provoquant des anomalies de la caryocinèse.* Note de MM. **Marc Simonet** et **Marcel Guinochet**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Nous avons signalé ([1]) l'action des dérivés halogénés des carbures cycliques sur la caryocinèse et sur la morphologie des jeunes germinations de Blé et de Lin. En outre, l'étude comparée de celle-ci et de celle exercée par la colchicine, le phényluréthane et l'acénaphtène, nous a conduits à reconnaître deux types de modifications, que nous avons décrits sous les noms de paradichlorobenzénique et de colchicinique. Nous nous proposons de consigner ici de nouvelles observations sur ce sujet.

Faisons tout d'abord remarquer qu'étant donné le rôle que semblent jouer, dans ces phénomènes, les noyaux benzénique, naphtalénique et phénanthrénique, il était indiqué d'éprouver leurs dérivés halogénés, car un des facteurs les plus importants de l'activité physiologique d'un composé chimique est l'introduction, dans sa molécule, d'un halogène. Ce qui qui était d'autant mieux justifié que le chloral est l'un des rares composés de la série aliphatique qui soient pourvus d'une action sur la caryocinèse. Toutefois, les résultats fournis par celui-ci et par les dérivés halogénés des carbures cycliques n'ont rien à voir entre eux. Pour ce qui concerne les α-monochloronaphtalène et α-monobromonaphtalène, qui provoquent des anomalies identiques à la colchicine, il n'y a pas de doute. R. Guarrigues ([2]) a en effet indiqué les différences existant entre l'action du chloral et de la colchicine; en particulier, avec le chloral, il y a altération de la structure et maintien du volume nucléaire, alors qu'avec la colchicine, la première reste intacte, tandis que le second augmente considérablement. Or les anomalies du type paradichlorobenzénique ne comportent pas de modifications dans la structure du noyau dont le volume est légèrement accru.

Voici quelques chiffres relatifs aux diamètres moyens des noyaux du parenchyme cortical de jeunes racines de même âge chez le Blé (noyau ovoïde) : non traité $14,3 \times 10,0\,\mu$, traité au paradichlorobenzène $16,8 \times 12,7\,\mu$ et à la colchicine $20,4 \times 15,3\,\mu$; et chez le Lin (noyau globuleux) : non

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1057; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1437.

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 461.

traité 8,5 μ, traité au paradichlorobenzène 9,4 μ, à la colchicine 12,1 μ. Ces constatations prouvent la non-identité d'action des dérivés halogénés des carbures cycliques et du chloral sur la caryocinèse. Elles tendraient, en outre, à montrer que les modifications du type paradichlorobenzénique ne représenteraient qu'une manifestation ménagée de celles du type colchicinique. Mais il y a plus, à cet égard. En effet, une étude comparée de l'action des dérivés halogénés des carbures cycliques, de la colchicine, du phényluréthane et de l'acénaphtène sur le Blé et sur le Lin, nous a donné les résultats suivants :

1° La colchicine produit les mêmes effets, type colchicinique, sur le Blé et le Lin. Il est même remarquable que l'augmentation de volume des noyaux s'effectue selon le même rapport

$$\frac{\text{dimensions des noyaux traités}}{\text{dimensions des noyaux témoins}} = 1,4 \text{ pour le Lin,} \quad 1,4 \times 1,5 \text{ pour le Blé;}$$

2° Les monochlorobenzène, ortho [3], méta et paradichlorobenzène, ortho et métachlorotoluène, monobromobenzène donnent aussi, mais à des degrés différents, des anomalies du même type (paradichlorobenzénique) chez le Blé et le Lin. Ici encore, l'augmentation du volume des noyaux s'effectue dans le même rapport

$$\frac{\text{dimensions des noyaux traités [4]}}{\text{dimensions des noyaux témoins}} = 1,1 \text{ pour le Lin,} \quad 1,1 \times 1,2 \text{ pour le Blé.}$$

3° Le phényluréthane conduit, au contraire, à des modifications du type colchicinique chez le Blé et paradichlorobenzénique chez le Lin. Toutefois, sur ce dernier, son action est légèrement supérieure à celles des chlorobenzènes : on observe des cellules polynucléées en plus grand nombre, ainsi qu'une tendance à la production de noyaux légèrement lobés et de plaques équatoriales quelque peu difformes.

4° Enfin l'acénaphtène et les α-monochloronaphtalène et α-monobromonaphtalène provoquent des anomalies du type colchicinique chez le Blé et sont sans action sur le Lin.

Ainsi, fait très important, une même substance peut provoquer, sur des plantes différentes, des effets également différents. Étant donné qu'il y a

---

(3) Nos observations actuelles sur le Blé nous ont permis de déceler, sous l'influence de cette substance, des métaphases tétraploïdes ($2n = 84$ au lieu de $2n = 42$), tout comme avec le paradichlorobenzène.

(4) Au paradichlorobenzène.

maintenant lieu de penser qu'il doit s'agir, dans la production de ces phénomènes, beaucoup plus d'une convergence d'effets physicochimiques que d'une constitution moléculaire déterminée, il semble que l'obtention de modifications du type colchicinique ou paradichlorobenzénique, à l'aide d'un même corps, sur des plantes différentes, doive dépendre presque uniquement de la constitution physicochimique des cellules de celles-ci. Il est donc bien probable que les anomalies du type paradichlorobenzénique et du type colchicinique ne sont que des manifestations plus ou moins accentuées d'un même phénomène. Enfin il est remarquable que seule la colchicine, le plus soluble de tous les produits envisagés, provoque des modifications du type colchicinique sur le Lin, et qu'en outre, des deux espèces étudiées, ce soit ce dernier, qui est une plante à noyaux à prochromosomes, donc beaucoup moins riches en chromatine, qui soit le moins sensible.

MYCOLOGIE. — *Sur les spores dimorphes et l'hérédité de leurs caractères chez un nouvel* Ascobolus *hétérothallique*. Note de M. **Georges Rizet**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'*Ascobolus immersus*, Discomycète coprophile très répandu, présente des asques contenant normalement 8 ascospores semblables. La grande taille des asques et des ascospores, qu'on peut isoler très facilement, en fait un matériel de choix pour les études de génétique.

Nous en avons isolé plus d'une centaine de souches monospores qui produisent fréquemment des microconidies. Aucune d'elles ne fournit de périthèces, bien que toutes possèdent des ascogones; plusieurs d'entre elles, en particulier, notre souche 25, donnent même lieu à la production de gros sclérotes, plus ou moins nombreux, dont l'apparence est celle des périthèces normaux avant l'épanouissement des asques.

Nous avons réalisé des cultures mixtes pour le rapprochement d'un certain nombre de ces souches; dans la moitié environ des cas nous avons obtenu des périthèces; nos souches se comportent comme des souches complémentaires et diffèrent comme des souches hétérothalliques réputées de *sexe* différent.

L'*Ascobolus immersus* se présente donc comme formant des périthèces suivant le schéma bipolaire.

L'une de ces confrontations, celle des souches 4 et 15, a donné lieu à

la formation de périthèces aux asques remarquables contenant, à côté de 4 ascospores d'apparence normale, brun noir, 4 ascospores incolores, albinos, souvent un peu plus petites que les précédentes. Nous avons isolé les spores d'un certain nombre de ces asques et obtenu ainsi des souches monospores nouvelles issues, les unes d'ascospores colorées, les autres d'ascospores incolores.

La réunion en cultures mixtes, d'un certain nombre de ces nouvelles souches, nous a donné alors les résultats suivants :

1° Elles se laissent répartir comme les souches issues de spores normales en deux groupes de *sexe* opposé.

2° Dans chacun des asques étudiés toutes les spores colorées sont du même *sexe* et les spores incolores de l'autre *sexe*.

3° Mais, si nous comparons les spores d'asques différents, la coloration n'est pas révélatrice du *sexe*, des souches de même signe pouvant tirer leur origine, les unes d'ascospores colorées, les autres d'ascospores incolores.

D'autre part, nos confrontations de souches de signe différent ont donné lieu aux éventualités suivantes :

1° Le rapprochement de souches issues de 2 ascospores colorées fournit des périthèces aux asques uniformes contenant 8 ascospores colorées.

2° Celui de souches issues de 2 ascospores incolores conduit à la formation de périthèces aux asques également uniformes mais pourvus de 8 ascospores incolores.

3° Enfin le rapprochement de souches issues, l'une d'une ascospore colorée, l'autre d'une ascospore incolore, fournit des asques contenant bien généralement 4 ascospores colorées et 4 ascospores incolores.

Toutefois, l'une de ces confrontations, celle de la souche 25, issue d'une spore incolore, et de la souche 34, issue d'une spore colorée, donne lieu à la production d'asques aux spores toutes incolores.

L'ensemble de ces résultats ne diffère pas essentiellement de ceux obtenus par Lindegren (¹) étudiant chez les *Neurospora* l'hérédité des caractères *fluffy* ou *non fluffy* du mycélium. L'exception que nous signalons les rattache aussi aux cas d'hérédité entièrement unilatérale qu'ont fait connaître Moreau (F. et Mme) (²).

Les règles que nous énonçons, d'une application bien générale, sont tout à fait conformes aux prévisions mendéliennes; l'apparition d'un mycélium

(¹) *The Amer. Nat.*, 70, 1936, p. 404-405.
(²) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 85, 1938, p. 316-328.

hétérocaryotique pourrait fournir une base d'explication des cas d'hérédité bilatérale que nous observons.

Les exemples d'hérédité unilatérale qui nous sont offerts par la confrontation des souches 25 et 34 se laissent expliquer par l'hypothèse hormonale formulée par Moreau et Moruzi ([3]).

Notons en outre que nos résultats ont l'avantage d'être fondés sur l'hérédité d'un caractère facilement appréciable, puisqu'il est visible dès la production des spores, dans un nombre d'asques considérable.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De la répartition du manganèse et du fer dans les principaux arbres à feuilles caduques du Québec.* Note de MM. **Paul Riou** et **Gérard Delorme**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'étude de la répartition du manganèse et du fer dans les principaux arbres à feuilles caduques du Québec ([1]) a été complétée par des déterminations concernant les bouleaux et les peupliers. Les résultats consignés ci-dessous représentent les moyennes des analyses faites sur de nombreux individus pour chaque espèce examinée, et sont rapportés à la matière séchée à l'étuve.

A. — Bouleaux.

I. *Teneur en cendres.*

	Bouleau à papier (*B. papyrifera*).	Bouleau à feuille de peuplier (*B. populifolia*).	Merisier (*B. lutea*).	Ostryer de Virginie (*O. virginiana*).
Écorce...	1,77	2,33	2,66	8,84
Aubier...	0,38	0,41	0,25	0,57
Cœur....	0,68	0,47	0,49	0,59
Rameaux.	1,54	1,30	1,70	3,55
Feuilles..	5,32	4,43	6,41	6,45

II. *Teneurs en fer et manganèse.*

	B. papyrifera.		*B. populifolia.*		*B. lutea.*		*O. virginiana.*	
	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.
Écorce...	0,0066	0,0294	0,0073	0,0317	0,0079	0,0146	0,0071	0,0318
Aubier...	0,0016	0,0047	0,0020	0,0069	0,0031	0,0040	0,0012	0,0058
Cœur....	0,0026	0,0100	0,0019	0,0097	0,0023	0,0034	0,0015	0,0068
Rameaux.	0,0071	0,0120	0,0075	0,0104	0,0048	0,0071	0,0053	0,0190
Feuilles..	0,0156	0,0300	0,0119	0,0481	0,0159	0,0391	0,0168	0,0290

([3]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1476-1478.

([1]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 300 et 1244.

Il apparaît que les bouleaux, qui se rencontrent surtout dans les sols acides, sont très riches en manganèse, contiennent relativement peu de fer, et que l'ostryer se distingue des bouleaux proprement dits par une proportion plus forte de cendres, de fer et de manganèse.

B. — Peupliers.

I. *Teneur en cendres.*

	Liard (*P. tacamahacca*).	Peuplier à grandes dents (*P. grandidentata*).	Tremble (*P. tremuloïdes*).	Peuplier baumier (*P. balsamifera*).
Écorce...	6,52	5,07	4,69	6,20
Aubier...	0,51	0,38	0,47	0,52
Cœur....	0,71	0,39	0,54	0,77
Rameaux.	3,08	2,72	3,06	3,12
Feuilles..	6,89	5,86	5,98	8,77

II. *Teneurs en fer et manganèse.*

	P. tacamahacca.		*P. grandidentata.*		*P. tremuloïdes.*		*P. balsamifera.*	
	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.	Fe.	Mn.
Écorce...	0,0135	0,0064	0,0068	0,0042	0,0057	0,0060	0,0063	0,0029
Aubier...	0,0105	0,0015	0,0036	0,0010	0,0045	0,0023	0,0052	0,0008
Cœur....	0,0060	0,0013	0,0021	0,0010	0,0029	0,0027	0,0042	0,0003
Rameaux.	0,0082	0,0027	0,0045	0,0027	0,0047	0,0044	0,0051	0,0028
Feuilles..	0,0215	0,0082	0,0124	0,0125	0,0173	0,0080	0,0175	0,0083

Les peupliers, qui sont également des arbres de sol acide, sauf le peuplier baumier, renferment relativement peu de manganèse dans leurs cendres. A l'exception du *P. tacamahacca*, les teneurs en sont plutôt faibles.

De l'ensemble de nos déterminations concernant la répartition du manganèse et du fer dans les principaux arbres à feuilles caduques du Québec, on peut formuler les conclusions suivantes :

1° Le fer et le manganèse se rencontrent dans tous les arbres étudiés.

2° Toutes les parties analysées contiennent ces deux métaux; toutefois, le cœur et l'aubier des frênes, des ormes et de l'*Acer negundo* n'en renferment que de très faibles quantités; dans quelques cas même, le manganèse n'a pu y être décelé.

3° Les diverses parties de chaque espèce se classent, en général, par ordre décroissant, d'après leurs teneurs en fer et en manganèse, de la façon suivante : feuilles, écorce, rameaux, cœur et aubier.

4° Les teneurs en fer ne varient pas beaucoup d'un genre à l'autre,

tandis que celles en manganèse sont comprises entre des limites très étendues. L'assimilation du fer est donc du même ordre pour tous les arbres, tandis qu'une certaine spécificité s'observe pour celle du manganèse.

5° La nature calcaire du sol limite l'assimilation du manganèse, mais l'acidité du sol ne favorise pas nécessairement cette assimilation dans tous les cas (peupliers).

6° L'*A. negundo* se comporte physiologiquement comme un frêne, au point de vue de ses teneurs en fer et en manganèse.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Rhamnacées. Développement de l'embryon chez le* Ceanothus azureus *Desf.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les processus selon lesquels se développe l'embryon du *Ceanothus azureus* sont, dans leurs traits essentiels, les mêmes que ceux qui ont été établis au sujet des Potentillées ([1]). Les différences observées sont secondaires; elles se rapportent surtout au mode d'origine de l'hypophyse et du suspenseur proprement dit. On constate, en outre, une plus grande irrégularité dans les divisions.

La tétrade (*fig.* 2), succédant au proembryon bicellulaire (*fig.* 1), comporte deux éléments supérieurs, *a* et *b*, séparés par une cloison oblique. L'élément *a*, qui comprend le pôle embryonnaire, se divise par une cloison également inclinée, normale à la précédente, l'élément *b* prend une cloison verticale (*fig.* 5), de sorte que les quatre cellules-quadrants issues de ces divisions se trouvent groupées en tétraèdre (*fig.* 6). Le quadrant du sommet, *e*, représente une épiphyse; les figures 7, 10, 11, 12 montrent comment procède la segmentation dans son intérieur. Les cloisons sont d'abord verticales (*fig.* 10 à 15), puis s'établissent des parois tangentielles séparant les initiales de l'épiderme des initiales de l'écorce de la tige (*fig.* 18, 21 à droite). Les trois autres quadrants, placés sous l'épiphyse, engendrent la partie cotylée *sensu stricto*, c'est-à-dire les cotylédons et les iniates de la stèle au sommet caulinaire. Les divisions dont ils sont le siège sont d'abord assez irrégulières (*fig.* 10 à 12); mais, après formation des premières parois tangentielles, il apparaît une assise assez nette (*fig.* 13, 15, 17, 21) dans laquelle les éléments les plus extérieurs donneront les tissus cotylédonaires et les éléments voisins de l'axe les initiales de la stèle de la tige.

Dans l'élément *m* de la tétrade (*fig.* 2), les cloisons sont d'abord verticales

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et 1197; 200, 1935, p. 1972; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645.

(*fig.* 3, 4, 6, 7), puis tantôt transversales (*fig.* 9, 12), tantôt obliques (*fig.* 10, 11) ou de nouveau longitudinales. Tout le massif cellulaire produit par *m* représente la partie hypocotylée aux dépens de laquelle se développent la tige hypocotylée et la racine.

L'élément *ci* de la tétrade (*fig.* 2) engendre un suspenseur *sensu lato*. Il se sépare

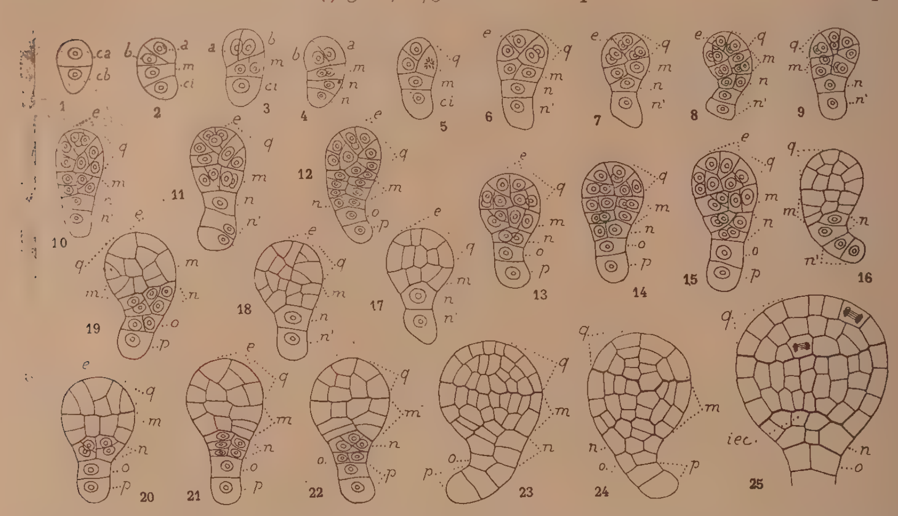


Fig. 1 à 25. — *Ceanothus azureus* Desf. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules filles de *ca*; *m*, cellule fille supérieure de *cb* ou partie hypocotylée; *ci*, cellule fille inférieure de *cb*; *q*, quadrants en tétraèdre; *e*, épiphyse; *n*, cellule fille supérieure de *ci* ou hypophyse; *n'*, cellule inférieure de *ci* ou suspenseur proprement dit; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 390.

en deux cellules superposées, *n* et *n'* (*fig.* 4); *n'* donne un suspenseur *sensu stricto*, peu développé; *n* se cloisonne verticalement (*fig.* 8, 14) ou obliquement (*fig.* 13, 15, 16) et produit finalement un massif hypophysaire dont les éléments médians les plus voisins de l'embryon proprement dit constituent les initiales de l'écorce de la racine, les autres éléments entrant dans la construction de la coiffe. Parfois (*fig.* 20), la segmentation procède dans l'hypophyse de manière très régulière, selon un mode comparable à celui qui a été décrit au sujet du *Myosurus minimus* [2].

C'est évidemment au type embryonomique du *Geum urbanum* que se rattache le *Ceanothus azureus*. Ce type est essentiellement caractérisé : 1° par la constitution d'une épiphyse qui est la cellule petite-fille de la cellule apicale; 2° par la construction de la partie hypocotylée aux dépens

---

[2] R. Souèges, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 686; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 58, 1911, p. 542; 59, 1912, p. 23.

de la cellule intermédiaire de la tétrade; 3° par la différenciation d'une hypophyse véritable, génératrice des initiales de l'écorce de la racine et du primordium de la coiffe. Les différences, tout à fait secondaires que l'on peut relever, résident dans les destinées des deux éléments n et n' du proembryon octocellulaire : chez le *Ceanothus*, n engendre l'hypophyse et n' un suspenseur *sensu stricto* très réduit; chez le *Geum*, l'hypophyse est produite généralement par une cellule, fille ou petite-fille de n, et tous les autres éléments issus de n et n' entrent dans la construction d'un suspenseur assez développé.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de la colchicine sur quelques organismes inférieurs*. Note de MM. **René Vandendries** et **Pierre Gavaudan**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'action de la colchicine sur les caryocinèses des végétaux supérieurs a fait l'objet d'un grand nombre de recherches (1). D'après A.-P. Dustin et son école la colchicine exerce sur les végétaux et les animaux supérieurs une double action, d'abord excito-mitotique, puis mito-inhibitrice. On admet en général que la colchicine inhibe seulement la caryocinèse et la cytodiérèse. On ne possède au contraire que très peu d'indications, en ce qui concerne l'action exercée par la colchicine sur les êtres inférieurs. Cette étude a été précédemment abordée par l'un de nous avec N. Kobozieff (2). Les résultats obtenus l'année dernière sur une souche de *Chlamydomonas* sp. (bassin de l'École nationale vétérinaire d'Alfort) n'ont pu être obtenus cette année avec des *Chlamydomonas* de même provenance. D'autres *Chlamydomonas* en culture pure n'ont également donné qu'un résultat négatif aux essais de la colchicine. Nous ne nous expliquons pas la différence constatée entre les expériences positives de l'année précédente et celles de cette année, effectuées à la même concentration de 1/1000e et, pour autant que nous le sachions, dans les mêmes conditions. La question de l'activité de la colchicine sur les *Chlamydomonas* est donc considérée par nous comme non résolue à l'heure actuelle.

Des essais aux concentrations en colchicine de 0,5/1000e et 1/1000e ont été

---

(1) P. Gavaudan, N. Gavaudan et N. Pomriaskinski-Kobozieff, *C. R. Soc. Biol.*, **125**, p. 705; P. Gavaudan et N. Gavaudan, *C. R. Soc. Biol.*, **126**, 1937, p. 985.

(2) P. Gavaudan et N. Kobozieff, *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 790.

faits sur *Euglena gracilis* en culture pure. La multiplication de ce flagellé n'est pas gênée par ces concentrations, cependant très efficaces sur les cellules en division des végétaux supérieurs. Les cultures développées en présence de colchicine sont aussi florissantes que les cultures témoins.

Nous avons également fait agir la colchicine sur *Saccharomyces cerevisiæ* à des concentrations variant entre 1/100e et 1/1000e. Le bourgeonnement et la multiplication des levures ne paraissent pas entravés et aucune différence n'a pu être relevée entre les cultures colchicinées et les cultures témoins dans des expériences préliminaires uniquement destinées à mettre en évidence l'action inhibitrice éventuelle de la colchicine. Nous rapprochons ce résultat négatif de celui obtenu dès 1937 par Richards (3) qui a même constaté une certaine stimulation de la multiplication de *Saccharomyces cerevisiæ* sous l'influence de la colchicine.

Nous avons aussi éprouvé l'action de la colchicine sur les champignons basidiomycètes. Des essais de germination ont été faits en goutte pendante, en chambre humide, avec les spores de *Psilocybe semilanceolata* et *Coprinus radians* à une concentration en colchicine de 2/1000e. Les spores de ces deux champignons ont germé en présence de colchicine comme dans les milieux témoins. D'autre part, nous avons fait croître le *Stropharia merdaria* en culture pure dans des milieux ayant des concentrations en colchicine variant entre 0,5/1000e et 2/1000e. Le feutrage mycélien était aussi abondant que dans les milieux témoins. Le cycle de développement complet a pu être obtenu sur colchicine et à toutes les concentrations il y a eu production normale de carpophores. Enfin nous avons essayé l'action de la colchicine à 1/1000e et 2/1000e sur diverses bactéries du sol cultivées en bouillon peptoné. L'observation macroscopique des cultures ne nous a pas révélé d'inhibition de la multiplication bactérienne sous l'influence de la colchicine. D'autre part les bactéries ne paraissaient pas moins nombreuses. Notons que récemment Obaton (4), loin de trouver une inhibition de la division bactérienne, a observé une stimulation chez *Photobacterium phosphoreum*. On peut souligner l'analogie de ce résultat avec celui obtenu précédemment par Richards sur *Saccharomyces*.

Quelles sont les raisons de l'inactivité de la colchicine sur la division d'êtres aussi différents que les euglènes, les basidiomycètes, les levures et les bactéries ? Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour tenter d'expliquer cette inactivité. On peut supposer que la colchicine est dégradée,

(3) *Anat. Record*, **70**, 1937, supplément, p. 87.
(4) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1536.

profondément modifiée, utilisée même comme aliment par certains êtres vivants. On pourrait également penser à l'existence de substances neutralisant ou insolubilisant l'alcaloïde. Enfin il est possible que des modes de division nucléaire plus ou moins simples soient en rapport avec l'inactivité de la colchicine. Il n'est même pas interdit de penser que, dans certains cas, deux de ces causes puissent intervenir simultanément. Il est évident que dans le cas des euglènes, des levures, et surtout des bactéries, le mécanisme de division nucléaire et cellulaire s'écarte très fortement de celui des végétaux et des animaux supérieurs où l'appareil fusorial joue un si grand rôle dans la caryocinèse et la cytodiérèse. Il est probable que, dans ces conditions, de très nombreux êtres inférieurs sont insensibles à l'action de la colchicine.

Dans le cas où la notion de pouvoir excitant à la division, entrevu pour la colchicine, deviendrait une notion établie se généralisant à de nombreux êtres inférieurs (il s'agit de savoir si la colchicine intervient comme aliment ou comme substance excitante), il conviendrait de rechercher les relations existant éventuellement entre cette nouvelle propriété physiologique et le pouvoir mito-inhibiteur.

Des expériences faites avec diverses substances mito-inhibitrices, telles que les hydrocarbures cycliques et leurs dérivés, dont l'utilisation comme aliment paraît douteuse, montreront si l'inactivité de la colchicine sur certains êtres vivants inférieurs est bien due à la simplicité des dispositifs de division nucléaire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la présence de substances fonctionnant comme les auxines végétales dans le sang et divers organes autolysés du Discoglosse et du Cobaye.* Note de M. **Henri Berrier**, présentée par M. Maurice Caullery.

Dans une série de Notes, publiées soit en collaboration avec M. Rose, soit sous mon nom seul, il a été démontré que des substances agissant sur le coléoptile d'avoine à la façon des auxines végétales prennent naissance au cours du développement de l'œuf de Discoglosse [1], de l'œuf de certains Insectes et au moment de leur nymphose [2] [3].

---

(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 357-359.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1938, p. 453-455.
(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1009-1011.

L'apparition subite de ces substances, à un moment précis du développement, suggère l'idée qu'elles doivent tirer leur origine des matériaux de l'œuf, qu'elles sont probablement la conséquence de la digestion des réserves ovulaires et de la désintégration histolytique des tissus de la larve d'Insecte au moment de la métamorphose.

S'il en est ainsi, on pouvait penser que des substances de même nature devaient apparaître chez l'adulte, au cours de la dégradation autolytique de divers tissus, qui, en temps normal, n'en contiennent pas. Et c'est pour vérifier la valeur de cette hypothèse que nous avons entrepris les recherches qui font l'objet de la présente Note.

On sait que le sang, le foie du Discoglosse et du Cobaye, la rate de ce Mammifère, ne contiennent pas, à l'état frais, d'auxines décelables par la méthode de Went [4] [5]. Nous avons recueilli les organes précités et le sang d'animaux sacrifiés avec les précautions les plus rigoureuses d'asepsie et les avons laissés s'autolyser à l'étuve à 38°. Une autre série des mêmes organes est prélevée, dans les mêmes conditions, et maintenue à environ +5°. Nous savons que les tissus ainsi conservés ne montrent pas d'activité sur les plantes de test [6] [7] après 48 heures.

Après un temps variable, mais déterminé, d'autolyse, des plaques d'agar stériles sont introduites dans les tubes, qui sont alors portés à la glacière, pour arrêter les processus de désintégration des tissus, et l'on attend 4 heures. Les plaques de gélose sont alors débitées en cubes qui sont essayés sur des coléoptiles d'avoine décapités.

Voici les résultats obtenus :

Après 6 heures d'autolyse, les cubes de gélose induisent une courbure faible, mais nette, aussi bien avec les tissus du Discoglosse que du Cobaye. Le foie est particulièrement actif.

Après 8 heures d'autodigestion, les flexions obtenues sont nettement plus accentuées, et l'on peut suivre l'enrichissement en auxines qu'elles traduisent, pendant 48 heures. C'est toujours le tissu hépatique qui est le plus efficace; le sang le moins.

Les essais comparatifs faits avec les organes ou tissus maintenus dès l'origine à la glacière ont toujours été négatifs.

---

(4) *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 1319-1321.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, **125**, 1937, p. 743-745.
(6) *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 1319-1321.
(7) *C. R. Soc. Biol.*, **124**, 1937, p. 743-745.

De nombreux frottis, colorés par la méthode de Gram, ont été réalisés avec les produits d'autolyse pour contrôler la stérilité des liquides. On n'a jamais pu y déceler d'éléments bactériens.

Nous devons donc conclure de ces recherches :

1° que le foie et le sang du Discoglosse et du Cobaye, la rate de ce dernier animal, qui, à l'état frais, ne paraissent pas contenir, en quantité décelable par la méthode de Went, de substances de type auxinique, en libèrent de grandes quantités lorsqu'ils sont soumis à l'autolyse aseptique;

2° que la teneur en auxine est fonction du degré de désintégration des tissus. Faible, mais appréciable déjà au bout de six heures, elle s'accroît très rapidement avec les progrès de l'autodigestion, et devient considérable au bout de 48 heures.

Tous ces faits viennent donc appuyer d'une façon sérieuse l'hypothèse que nous avons faite sur l'origine des auxines chez l'embryon, au cours du développement et chez la larve d'Hexapode au moment de l'histolyse nymphale.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude du mécanisme suivant lequel le sulfure d'éthyle dichloré (ypérite) agit sur les cellules vivantes.* Note de MM. **André Kling**, **Pierre de Fonbrune** et **François Raynal**, présentée par M. Paul Portier.

L'action vésicante exercée par le sulfure d'éthyle dichloré sur les tissus vivants a été, quant à son mécanisme, étudiée par un certain nombre d'auteurs (1) qui l'ont attribuée à une libération intracellulaire de HCl. D'après eux les parois cellulaires s'opposent à la pénétration de cet acide lorsqu'il est à l'état libre, mais se laissent au contraire traverser par le sulfure d'éthyle dichloré lequel, à l'intérieur même des cellules, subit une hydrolyse génératrice de cet acide, qui exerce alors son action toxique sur les éléments du protoplasma. A l'encontre de cette théorie, l'un de nous (2) explique le phénomène de vésication exercé par le sulfure d'éthyle

(1) R. S. Lillie, G. H. A. Glowes et R. Chambers, *Journ. Pharm. and experimental therap.*, **14**, 1919, p. 75, et H. Magne et P. Remy, *Bull. Soc. Chimie Biolog.*, **19**, 1937, p. 1092.

(2) A. Kling et G. Lecordier, *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 1544.

dichloré sur les tissus, en le rattachant à un trouble trophique provoqué par une viciation du fonctionnement des terminaisons nerveuses du tissu vésiqué. Cette viciation résulterait de la modification d'hydrophilie que les lipides du tissu nerveux subiraient au contact de l'élément vésicant. Ainsi s'expliquerait la disproportion entre l'étendue d'une brûlure par l'ypérite, et le poids de vésicant nécessaire à la déterminer.

Cette dernière théorie mettant hors de cause la responsabilité de HCl pouvant être libéré à l'intérieur des cellules, par hydrolyse du sulfure d'éthyle dichloré, nous nous sommes proposé de rechercher directement quelles pouvaient être, sur un organisme monocellulaire, les actions de l'ypérite, et celles de chacun de ses produits d'hydrolyse, pris individuellement, ou en mélange entre eux. A cet effet nous avons utilisé la technique et l'appareillage imaginé et réalisé par l'un de nous ([3]) pour introduire directement par micro-injection, dans le protoplasma même des cellules, les produits que nous voulions expérimenter.

Nous avons opéré sur les cellules d'*Amœba Sphæronucleus* et constaté :

1° que ces cellules supportent parfaitement des injections massives atteignant et dépassant, parfois même, le quart de leur volume des produits suivants :

HCl, à la concentration de M/10; *Thiodiglycol*, pur, ou dilué dans l'eau; solution résultant de l'*hydrolyse de l'ypérite* M/25. *Ypérite* en solution aqueuse saturée, préparée à l'instant même de son utilisation. *Ypérite pure*. Dans ce dernier cas on constate que l'amibe lutte quelque temps contre la gouttelette d'ypérite, puis l'expulse et reprend ensuite sa vie normale.

On voit donc que ni l'ypérite, ni ses produits d'hydrolyse, en particulier HCl, même à concentration élevée (M/10), n'exercent d'action toxique sur le protoplasma des cellules sur lesquelles ont porté nos expériences.

2° Afin de nous permettre d'expérimenter sur des solutions aqueuses d'ypérite, non hydrolysées, nous avons utilisé à cet effet des solutions tamponnées de pH 6,5, additionnées de thiodiglycol. Comparativement à ces solutions de pH 6,5, de concentrations variées en ypérite, nous avons opéré sur des solutions de thiodiglycol. (De concentrations diverses atteignant jusqu'à M/2.)

Nous avons constaté, que les Amibes résistaient parfaitement à l'injection de ces solutions tamponnées, ypéritées ou non, même pour des

---

([3]) P. de Fonbrune, *Recherches et Inv.*, n° 274, 1938, p. 33.

solutions de concentration atteignant jusqu'à M/30, pour l'ypérite, ou M/2 pour le thiodiglycol. Le protoplasma des cellules d'Amibes se montre également très résistant à l'action, soit de l'ypérite, soit du thiodiglycol.

Si, au lieu d'injecter les solutions utilisées ci-dessus dans le protoplasma des cellules, on immerge celles-ci dans ces mêmes solutions, on constate que :

3° Les Amibes sont instantanément tuées par immersion dans les solutions M/100 de HCl (alors qu'elles résistent à des injections massives de HCl M/10).

4° Si l'on immerge comparativement des lots d'Amibes dans les solutions tamponnées, additionnées de thiodiglycol, dont il a été parlé ci-dessus, et dans les mêmes solutions, ypéritées, qu'on les y laisse, durant des temps variant de une seconde à 15 minutes, puis qu'on les lave et qu'on les replace dans l'eau pure, on observe :

a. que les milieux témoins contenant du thiodiglycol, même à de fortes concentrations (M/2) n'occasionnent que quelques troubles passagers, qui disparaissent, 2 heures au plus après que les cellules les plus sévèrement traitées ont été replacées dans l'eau ;

b. qu'au contraire, en opérant de la même façon avec les mêmes solutions, mais cette fois en présence d'ypérite (concentration de M/30 à M/100), cette ypérite se montre extrêmement novice envers les Amibes. Les troubles que manifestent ces cellules, après leur immersion, sont caractérisés par une rapide cessation de la cyclose de l'endoplasme, bientôt suivie de la coagulation du noyau et d'un important gonflement du corps cellulaire. Il suffit de quelques secondes d'immersion, dans les solutions les plus pauvres en ypérite, pour provoquer des troubles permanents irréversibles, même après un long lavage des Amibes traitées.

Conclusions. — Les observations ci-dessus rapportées démontrent que, tout au moins en ce qui concerne l'*Amœba Sphæronucleus*, le sulfure d'éthyle dichloré, pas plus que ses produits d'hydrolyse (en particulier HCl) n'agissent profondément sur leur protoplasma, mais que leur action se porte uniquement sur leur surface cellulaire externe dont vraisemblablement la perméabilité se trouve modifiée. Cette modification de perméabilité est provoquée également par action de solutions chlorhydriques mais, dans nos expériences effectuées dans des conditions où l'ypérite ne peut s'hydrolyser, la modification de perméabilité résulte donc d'une action spécifique de l'ypérite et non de celle de ses produits éventuels d'hydrolyse.

Rappelons que, dans les cellules vivantes, les lipoïdes sont surtout localisés vers les parois cellulaires.

GÉNÉTIQUE. — *Les conditions de la monogénie chez l'Isopode terrestre*, Chætophiloscia elongata (*Dollfus*). Note de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai désigné, sous le nom de *monogénie*, la production, par une femelle, d'une descendance composée d'individus tous ou en grande majorité d'un seul sexe. Les femelles monogènes sont, soit *arrhénogènes*, c'est-à-dire productrices de mâles, soit *thélygènes*, c'est-à-dire productrices de femelles. La monogénie est un phénomène largement répandu chez les Isopodes terrestres. Je l'ai observé chez deux espèces appartenant à des familles d'Isopodes terrestres très éloignées l'une de l'autre, *Trichoniscus provisiorus* ([1]) et *Armadillidium vulgare* ([2]). La présente Note démontre l'existence de la monogénie dans une troisième espèce, celle-ci appartenant à la famille des *Oniscidæ*, *Chætophiloscia elongata* (Dollfus).

Données statistiques. — Les conditions de la monogénie ne sont pas identiques dans ces trois espèces. Chez *Armadillidium vulgare*, on constate que les femelles arrhénogènes et les femelles thélygènes se rencontrent à peu près en même nombre, et donnent globalement une descendance dont la proportion sexuelle s'éloigne peu de l'unité (la descendance des 8 femelles monogènes étudiées, 4 arrhénogènes et 4 thélygènes, se compose de 730 ♂ et 691 ♀). Par suite, des statistiques établies sur des récoltes faites dans la nature sont incapables de révéler, dans cette espèce, le phénomène de monogénie; seuls, les élevages sont susceptibles de mettre en évidence les anomalies de la proportion sexuelle.

Chez *Trichoniscus provisorius*, le nombre de femelles arrhénogènes dépasse de beaucoup celui des femelles thélygènes (181 arrhénogènes contre 77 thélygènes, observées dans mes élevages).

Les conditions sont encore différentes chez *Chætophiloscia elongata*. La proportion sexuelle est, chez cette espèce, tout à fait anormale. Arcangeli ([3]) a observé, sur du matériel italien, une proportion de ♂ égale à 13,6 pour 100. Verhoeff ([4]) a récolté, en Italie, 8 ♂ et 59 ♀, soit

---

([1]) *Bull. Biol. France-Belgique*, **72**, 1938, p. 147-186.

([2]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1050-1052.

([3]) *Boll. Mus. Zool. Anat. Compar. R. Univ. Torino*, **41**, n° 13, 1931, p. 11.

([4]) *Zool. Jahrb., Abt. Syst. Œkol. Geogr.*, **60**, 1931, p. 552.

12 pour 100 de ♂; Strouhal ([5]), à Corfou : 7 ♂ et 92 ♀, soit 7 pour 100 de ♂. J'ai récolté, à Toulouse, 522 individus qui se répartissent en 68 ♂ et 454 ♀, soit 13 pour 100 de ♂. Ces chiffres sont concordants et établissent l'existence d'une proportion de mâles anormalement faible.

Le problème à résoudre consiste à savoir si cette proportion sexuelle anormale est la conséquence d'une parthénogenèse thélytoque ou d'un phénomène de monogénie. Seule, la méthode des élevages permet d'apporter une réponse à cette question.

Données fournies par les élevages. — Arcangeli ([6]) a récolté, en novembre, 25 femelles, dont 12 ont donné une descendance, au mois de février de l'année suivante. Cette descendance comprenait de nombreux individus dont 43 seulement survécurent; leur examen montra qu'il s'agissait de 43 femelles. Arcangeli conclut de ces faits que la reproduction de *Ch. elongata* est parthénogénétique.

J'ai entrepris des expériences comparables à celles d'Arcangeli, mais elles m'ont conduit à des conclusions différentes :

1. Sur 5 femelles isolées le 2 décembre, 3 d'entre elles se sont montrées fécondes, au mois d'avril de l'année suivante; 2 seulement sont restées stériles.

2. D'autre part, sur 5 femelles mises en culture le 30 mai, 4 m'ont donné, le mois suivant, une descendance *exclusivement femelle* (respectivement 8, 7, 15 et 7 jeunes); une seule a fourni une descendance comprenant les deux sexes (3 ♂ et 11 ♀).

De ces données, comparables aux résultats d'Arcangeli, on pourrait, semble-t-il, conclure à l'existence, chez *Ch. elongata*, d'une parthénogenèse thélytoque. Mais, pour affirmer l'existence de la parthénogenèse, il est nécessaire de constater la reproduction *de femelles isolées dès leur naissance*.

3. C'est la raison pour laquelle 9 femelles, issues des portées thélygènes, signalées dans le paragraphe 2 et *isolées dès leur naissance* (juin), ont été mises en observation. Quatre d'entre elles ont été réunies, en mars de l'année suivante, à des mâles ; elles ont donné, en mai, des portées normales ; les cinq autres, restées vierges, se sont montrées stériles.

Ces expériences prouvent :

([5]) *Sitzber. Akad. Wiss. Wien., Math. Naturw. Kl. Abt.* I., 145, 1936, p. 160.

([6]) *Monit. Zool. Ital.*, 36, 1925, p. 113.

a. qu'il n'y a pas de parthénogenèse chez *Ch. elongata* ;

b. que la réserve de spermatozoïdes accumulée lors d'un accouplement d'automne peut, chez cette espèce, féconder des pontes printannières ;

c. que la proportion anormale des sexes que l'on observe chez *Ch. elongata* est la conséquence d'un phénomène de monogénie. Alors que, chez *Trichoniscus provisorius* et *Armadillidium vulgare*, les femelles monogènes sont, soit arrhénogènes, soit thélygènes, seules les femelles thélygènes sont représentées chez *Ch. elongata*, entraînant, de ce fait, une perturbation considérable dans la proportion sexuelle.

Des conditions analogues doivent exister dans une espèce voisine : *Chætophiloscia sicula* Verhoeff. La proportion sexuelle est très aberrante chez cet Isopode : Verhoeff (⁴) a récolté, en Italie, 18 ♂ et 72 ♀, soit 20 pour 100 de ♂. Sur 157 individus récoltés à Toulouse, j'ai compté 13 ♂ et 144 ♀, soit 8,2 de ♂.

BIOLOGIE. — *Flore bactérienne cellulolytique du tube digestif de larves xylophages*. Note de M. **Jacques Pochon**, présentée par M. Maurice Caullery.

La digestion de la cellulose par les larves xylophages d'Insectes est en rapport, suivant les espèces, avec trois processus différents : sécrétion d'une cellulose par les glandes digestives, attaque des débris cellulosiques par des bactéries cellulolytiques, enfin, dans des cas bien particuliers, on a pu discuter le rôle d'une symbiose avec certains Protozoaires [1].

Nos essais ont porté sur un Cerambycidé (*Rhagium sycophanta*) et sur un Tipulidé (*Tipula oleracea*). Il nous a été possible d'isoler du tube digestif de ces larves une bactérie cellulolytique, identique dans les deux cas.

L'ensemencement a été fait, en anaérobiose, à 37°, à partir du tube digestif entier, sans essai de séparation des différents segments, soit dans du milieu à l'extrait fécal humain (Khouvine, 1923) [2], soit dans du milieu panse-cellulose [3], soit dans un milieu à l'humus obtenu

---

[1] J. Pochon, *Rev. gén. des Sc.*, 47, 1936, p. 55.

[2] *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1923.

[3] J. Pochon, *Ann. Inst. Pasteur*, 55, 1935, p. 676.

en faisant macérer, puis bouillir dans de l'eau, du terreau de feuilles mortes; le test de cellulose utilisé était du papier filtre.

La cellulolyse était obtenue après un délai de 6 à 8 jours et les ensemencements en série réalisés après chauffage à 75° pendant 20 minutes; il a été ainsi fait, pour chaque souche, une quinzaine de passages; à chaque subculture le milieu s'enrichissait en bactéries à spores ovalaires.

Finalement, les deux cultures pures obtenues présentaient des caractères identiques : il s'agit d'un *Plectridium*; il est à remarquer que la coloration par la méthode de Gram est très labile et n'est nette que dans les cultures jeunes. La cellulolyse ne peut être réalisée qu'en anaérobiose et elle s'accompagne de la réduction du rouge neutre; il n'y a pas formation du pigment; le papier se ramollit progressivement, tombe au fond du tube et disparaît peu à peu, avec dégagement de quelques bulles de gaz. Après un certain nombre de repiquages dans les milieux complexes cités plus haut, la cellulolyse a pu être obtenue dans un milieu semi-synthétique plus simple ([4]), sans addition d'extrait d'organes ou du tube digestif de l'hôte. La température optima est de 38°, mais les cultures sont possibles, plus lentement, vers 20°.

Les caractères culturaux sont ceux d'un *Plectridium* déjà isolé par nous et A. R. Prévot, dans les écumes de sucreries; précisons que les glucides ne sont pas fermentés. Au point de vue chimique, la fermentation de la cellulose est la suivante : formation de petites quantités d'alcool et surtout d'acides acycliques volatils, acides acétique et butyrique, à raison de une molécule du second pour 6 du premier.

Il s'agit donc de souches dont les caractères sont identiques à ceux de *Pl. spumarum* (1939) ([1]). Il y a lieu d'insister sur les analogies très grandes entre ce germe et *B. cellulosam fermentans*, isolé par Werner, en 1926 ([5]), dans le tube digestif de la larve d'un Scarabéidé (*Potosia cuprea*). Cependant ce dernier germe forme un pigment brunâtre et est décrit comme Gram-négatif; en réalité, nous avons dit les difficultés d'interprétation de ce caractère, dans le cas particulier.

Entretenues pendant 2 ans au laboratoire, ces deux souches ne sont pas restées absolument stables : elles ont passé progressivement, en milieux usuels, par les deux stades suivants : réduction faible du rouge neutre, attaque très lente d'un certain nombre de glucides, formation d'indol; dans

---

([4]) Prévot et Pochon, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 966.

([5]) *Zbl. f. Bakt.*, II, 67, 1926, p. 297.

un deuxième temps, le rouge neutre n'est plus réduit, les glucides sont rapidement attaqués, il ne se forme plus d'indol et les souches deviennent microaérophiles puis anaérobies facultatives. Ces faits sont à rapprocher de ceux rapportés par Werner, qui décrit, dans le tube digestif de *P. cuprea*, un bacille morphologiquement identique à *B. cellulosam fermentans*, mais qui est sans action cellulolytique, anaérobie facultatif, ne réduit pas le rouge neutre et fait fermenter les glucides. A la lumière des faits que nous avons observés, nous pensons qu'il ne s'agit pas d'une espèce différente du germe cellulolytique, mais de la transformation progressive de celui-ci, avec perte de sa fonction cellulolytique. Nous nous proposons de revenir ultérieurement sur cette particularité, importante par sa signification générale, qui paraît assez répandue.

Quoi qu'il en soit de ce point de vue strictement bactériologique, il reste acquis que le tube digestif des larves étudiées contient des bactéries cellulolytiques très actives, vraisemblablement responsables de la digestion de la cellulose chez ces espèces, du même type que celle qui peuvent être rencontrées dans le milieu extérieur (*P. spumarum*). L'adaptation au parasitisme y semble réduite au minimum, à l'inverse des bactéries cellulolytiques du tube digestif des Mammifères ([6]), en raison, probablement, de la faible différenciation biochimique du milieu digestif de ces larves xylophages.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Division cellulaire dans un champ magnétique.* Note de M. **Nicolas Perakis**, transmise par M. A. Cotton.

I. On admet que dans la cellule vivante il y a des charges électriques en mouvement. On peut se demander, avec M. Cotton ([1]), si la modification du mouvement de ces charges par un champ magnétique pourrait entraîner quelques changements dans la structure ou le développement de la cellule.

Il y a une cinquantaine d'années, Errera et Roux ([2]) avaient essayé, sans y parvenir, d'influencer le champ mitotique par un champ magnétique. A mon tour, j'ai soumis l'œuf d'oursin fécondé à l'action de champs magnétiques intenses.

([6]) J. Pochon, *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 997.

([1]) *Atti del Galvani Congresso*, Bologne, 1938, p. 247.

([2]) Voir E. B. Wilson, *The Cell in Development and Heredity*, 1925, p. 186.

L'œuf d'oursin est diamagnétique [3], mais il contient du fer dont une partie est sous forme ionique, une partie masquée [4]. Dans un champ magnétique, le fer, du moins le fer ionique, n'aura pas le même comportement que le reste diamagnétique de l'œuf. L'œuf d'oursin devrait donc être sensible aux actions magnétiques.

II. Il s'agissait de réaliser des conditions d'expérience permettant de *comparer* l'évolution de l'œuf fécondé respectivement dans un champ nul (ou le champ terrestre) et dans un champ magnétique d'intensité H.

J'ai utilisé deux ampoules en verre cylindriques et à fond plat d'une capacité de 10^{cm^3} environ. Ces ampoules étaient identiques, aux erreurs de construction près. L'une d'elles, l'ampoule A, était placée dans l'entre-fer de l'électro-aimant, l'autre, l'ampoule T (témoin), à une certaine distance de celui-ci, toujours dans le même endroit.

Ces deux ampoules étaient parcourues par un même courant d'eau dans le sens ampoule A → ampoule T. Un thermomètre, qui servait aussi d'agitateur, plongeait dans chacune d'elles : pendant toute la durée de l'expérience, l'égalité des températures était assurée à 0°,2 près.

Les conditions d'éclairement des ampoules A et T étaient comparables. Toutefois, afin d'éliminer un effet de position pouvant provenir de petites différences dans l'éclairement et la forme des ampoules ou d'autres causes, chaque expérience était doublée par une expérience identique au champ près. Cette expérience *témoin* servait de *zéro* à l'expérience proprement dite.

La même préparation d'œufs et le même oursin mâle étaient utilisés dans les deux expériences. En inversant l'ordre de ces deux expériences, on éliminait d'un ensemble d'expériences un effet pouvant provenir du vieillissement des œufs, l'intervalle de temps séparant l'expérience témoin de l'expérience proprement dite, dépassant en moyenne 4 heures. La durée totale de l'expérience : préparation des œufs, double expérience, numérations, était en général de 10 heures. La fécondation avait lieu dans le champ magnétique. Les numérations des œufs A encadraient les numérations des œufs T ou inversement.

On a fait des expériences en champ uniforme : grand électro-aimant de Bellevue, H = 33000 gauss, et en champ non uniforme : électro-aimant

---

(3) N. Perakis, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1534.
(4) Warburg, *Zeit. f. physiol. Chem.*, 92, 1914, p. 231.

du type Weiss, $H_{max} = 8800$ gauss, et grand électro-aimant de Bellevue, $H_{max} = 43000$ gauss.

On a utilisé deux espèces d'oursins, l'*Echinus melo* avec les champs moyens et le *Strongylocentrotus lividus* avec les champs forts.

III. Un grand nombre d'expériences ont été effectuées, notamment en champ non uniforme, $H_{max} = 8800$. De ces expériences, on n'a retenu que celles où le nombre d'œufs fécondés dépassait 90 pour 100.

Voici les résultats d'un ensemble d'expériences totalisant 2000 œufs environ. (Durée moyenne de l'expérience 3 heures, température moyenne 18°,5.)

État des œufs.	Différence (pour 100) entre les œufs A et T. Expér. H = 0.	Expér. H = 8800 g.
Non fécondés	− 0,9	+ 1,2
Fécondés	0,0	+ 2,7
Segmentés	+ 0,7	− 6,7
Anormaux	+ 0,2	+ 2,8

Le champ *non uniforme* semble donc retarder légèrement l'évolution de l'œuf d'oursin. Toutefois, ce léger retard serait dû à des actions mécaniques et non électromagnétiques, car en champ *uniforme* (H = 33000 G) il n'apparaît pas; il n'augmente pas non plus dans un champ non uniforme atteignant 43000 gauss dans la région du maximum.

Remarques sur la Communication précédente de M. Perakis, par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'on augmente toutes les dimensions d'un électro-aimant en les multipliant par un facteur K, le champ reste le même aux points correspondants, mais le gradient du champ est *divisé* par K. Les actions mécaniques que subit, dans un champ non uniforme, un petit objet, molécule, ion etc., et qui proviennent seulement de différences entre les susceptibilités magnétiques, deviennent alors nécessairement moins marquées, et c'est un cas où un électro-aimant *aussi petit que possible* est plus avantageux.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur le fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation de tunicines et d'une cellulose biosynthétique.* Note [1] de M. **Guy Viel**, présentée par M. Paul Lebeau.

La tunicine, que l'on isole d'une membrane des tuniciers, peut être considérée comme une substance cellulosique. Sa composition centésimale, plusieurs de ses propriétés, en particulier son diagramme de diffraction aux rayons X [2], sont identiques à celles d'une cellulose. Cependant, elle paraît beaucoup plus résistante vis-à-vis de plusieurs réactifs [3], ce qui laisse supposer une différence de nature.

Nous nous étions proposé d'établir, pour 3 échantillons de tunicine, *Ascidia Mentula*, *Phallusia Mamillata*, *Polycarpa varians*, les graphiques du fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation suivant la méthode due à P. Lebeau [4], et de les comparer à ceux des celluloses ordinaires publiés par ce savant (*Ann. Off. Nat. Comb. liq.*, 1937, p. 651-690).

La façon très particulière de destruction thermique des tunicines ne nous a pas permis d'obtenir des résultats constants. Nous pouvons cependant tirer quelques conclusions de l'ensemble des expériences que nous avons effectuées :

1° Les tunicines se décomposent en dégageant à 300-400° une plus forte proportion de produits difficilement volatils que les autres celluloses (tunicines, 60 à 70 pour 100; celluloses, 20 à 30 pour 100). Ces corps restent partiellement à la sortie du tube dans une zone suffisamment chauffée pour qu'ils soient partiellement carbonisés lorsqu'on élève la température. Les volumes gazeux se trouvent modifiés suivant l'importance de ce phénomène secondaire, ce qui explique l'inconstance des résultats obtenus.

2° Malgré cela, dans toutes les pyrogénations de tunicines il se dégage moins de gaz que dans celles des celluloses. Nous avons obtenu dans des expériences où la carbonisation secondaire a été le moins marquée :

---

(1) Séance du 15 mai 1939.

(2) Herzog et Gonell, *Z. physiol. Chem.*, **141**, 1924, p. 63; Sutra, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 181.

(3) Berthelot, *Comptes rendus*, **47**, 1858, p. 227; *Ann. Chem.*, **56**, 1859, p. 149; *Bull. Soc. Chim.*, **18**, 1872, p. 9.

(4) *Chimie et Industrie*, **14**, 1923, p. 10.

	cm³ par gr.
Tunicine *Ascidia Mentula*	37,66
» *Phallusia Mamillata*	61,52
» *Polycarpa varians*	44,07
Cellulose de coton	151,77

3° La quantité de charbon restant après la pyrogénation est beaucoup plus faible pour les tunicines que pour les celluloses :

	Pour 100.
Tunicine *Ascidia Mentula*	4,15
» *Phallusia Mamillata*	7,20
» *Polycarpa varians*	4,75
Cellulose de coton	13,50

4° Nous avons toujours pu mettre en évidence l'existence à 400° d'un maximum du dégagement gazeux. Parfois, nous en avons obtenu un second à 700°. Le plus souvent, cette deuxième partie de la pyrogénation est fortement perturbée par la carbonisation des goudrons.

Nous avons également établi le graphique de pyrogénation d'une cellulose biosynthétique d'*Acetobacter xylinum*.

Le dégagement gazeux présente deux maxima, l'un à 400°, l'autre à 700°, et les autres résultats analytiques ne s'écartent pas sensiblement de ceux obtenus dans le cas d'une cellulose ordinaire.

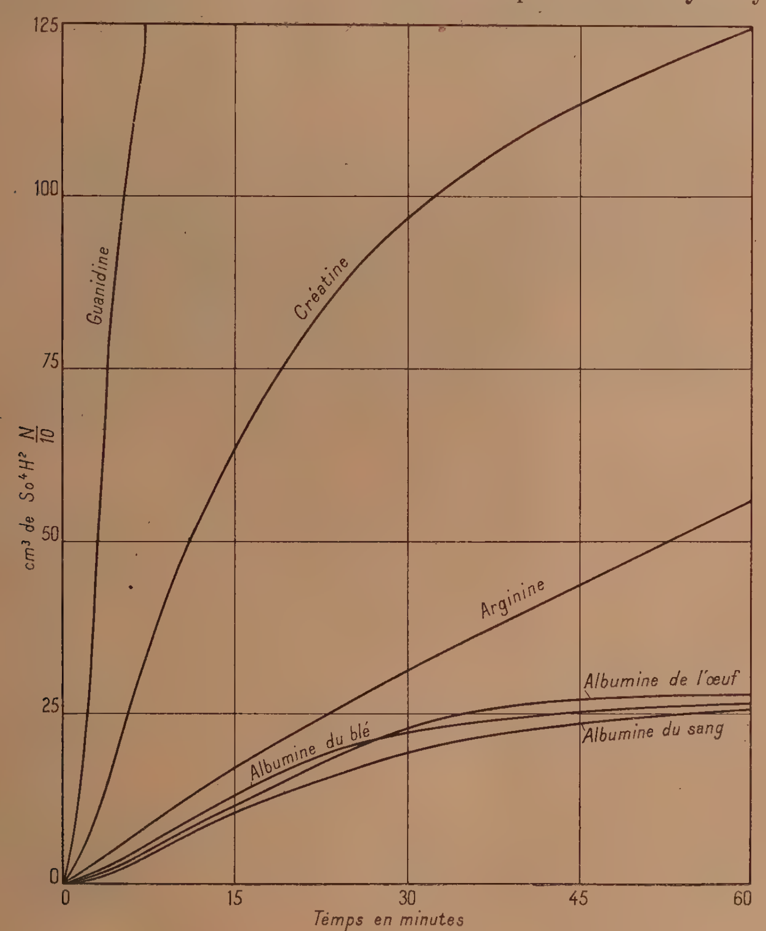
	Cellulose d'*Acetobacter*.	Cellulose de coton.
Volume de gaz dégagé jusqu'à 1000° (en cm³/g)	156,68	151,77
Charbon résiduaire pour 100	14,50	13,50
Composition centésimale du mélange gazeux :		
Hydrogène	28,84	34,38
Méthane	7,32	8,26
Carbures saturés homologues	0,99	0,96
Carbures éthyléniques	2,53	1,13
Oxyde de carbone	32,00	31,10
Anhydrine carbonique	26,65	23,75
Indéterminés	1,67	0,42

Le fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation des tunicines est essentiellement différent de celui des celluloses. Ceci nous permet de conclure que ces corps, quoique possédant une structure élémentaire semblable, sont très différents quant à leur constitution globale.

La cellulose d'*Acetobacter xylinum* peut être identifiée à une cellulose ordinaire.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Courbes représentatives de la formation d'ammoniac par ébullition de solutions alcalines de guanidines et de protéines.* Note [1] de M. **Georges Laude**, présentée par M. Richard Fosse.

1. Nous avons montré [2] que certaines protéines (caséine, fibrine, gélatine) traitées par des solutions alcalines de potasse sont hydrolysées et



que, parmi les nombreux composés formés, le gaz ammoniac peut servir à suivre le phénomène de la dislocation de la molécule.

---

(1) Séance du 8 mai 1939.
(2) G. Laude, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1428.

2. La comparaison des courbes représentatives du phénomène étudié nécessite que celles-ci soient rapportées à un même poids de matière. Or, en pratique, pour des raisons de solubilité par exemple, il n'est pas toujours possible d'expérimenter sur le poids de matière uniformément adopté.

Mais nous avons montré ([3]), d'après des expériences faites sur la gélatine, qu'en opérant sur des poids variables de ce composé et pour des volumes égaux de solution de potasse de concentration déterminée, le réseau de courbes qui représente ces différentes expériences est tel que l'une des courbes étant construite expérimentalement, les autres peuvent se déduire graphiquement de la première.

3. Cette constatation nous a permis l'étude de l'hydrolyse de composés tels que la guanidine et de quelques-uns de ses dérivés simples ou complexes tels que la créatine, l'arginine et même de protéines (albumine de l'œuf, albumine du blé, albumine du sang).

4. Les courbes ci-dessus représentent les résultats obtenus.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action du rayonnement radioactif sur la multiplication et la structure des microbes.* Note ([1]) de MM. **Serge Metalnikoff**, **Alexis Yakimach** et **Oleg Yadoff**, présentée par M. Émile Roubaud.

Il est bien connu actuellement que les émanations radioactives réveillent chez les microorganismes, comme chez les autres organismes, les forces créatrices. Elles sont capables de modifier leur structure ainsi que leurs caractères physiologiques et biologiques.

Nous avons démontré ([2]) qu'en introduisant du Radon en tubes capillaires dans un bouillon ensemencé par des sarcines, on obtient, à côté de sarcines normales, une quantité de micrococques et de bâtonnets de différentes structures et grandeurs.

Nous avons répété les mêmes expériences sur la gélose. Après avoir ensemencé les sarcines sur la gélose, nous avons introduit dans les tubes à essai des tubes capillaires à Radon : dans le tube n° 1-80$^{mm^3}$; n° 2-40$^{mm^3}$; n° 3-5$^{mm^3}$ de Radon.

([3]) G. Laude, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 259.

([1]) Séance du 15 mai 1939.

([2]) S. Metalnikoff, A. Yakimach et O. Yadoff, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 605.

Après 10-15 jours, nous avons constaté que les microbes n'ont pas poussé des deux côtés des tubes capillaires (*fig.* 1). Ils ont donné à quelque distance et aux pôles des couches blanchâtres.

L'examen des préparations microscopiques montre que l'action du

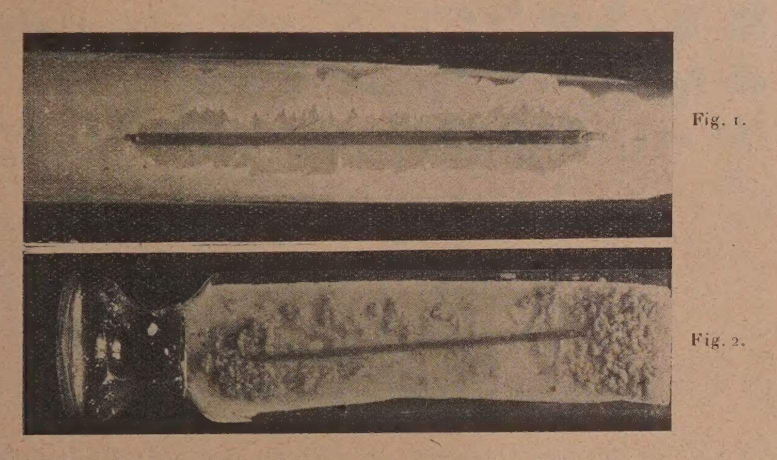


Fig. 1. — Action du Radon sur gélose ensemencée par les sarcines.
Fig. 2. — Action du Radon sur les bacilles tuberculeux ensemencés sur pommes de terre.

Radon sur les cultures est beaucoup moins active en gélose que dans le bouillon. Cependant nous avons pu noter des transformations très typiques des sarcines.

Après avoir ensemencé des bacilles tuberculeux sur pommes de terre, nous avons introduit dans le milieu un tube capillaire avec du Radon à 75^{mm^3} (*fig.* 2). Après 4-5 semaines nous avons trouvé de petites colonies de bacilles tuberculeux des deux côtés du tube capillaire radioactif, tandis qu'aux pôles du tube capillaire, où l'action est moins forte, les bacilles ont donné des couches très épaisses (*fig.* 2).

En étudiant les préparations microscopiques, nous avons constaté que les bacilles tuberculeux n'avaient presque pas changé leur structure extérieure et se coloraient normalement par la fuchsine.

Quant aux sarcines, tout à côté du tube capillaire les colonies sont tuées, mais, à quelque distance, elles restent vivantes en subissant des transformations très typiques. Elles se désagrègent et donnent toute une série de microcoques et de bâtonnets aux aspects les plus variés.

Pour se faire une idée de toutes les transformations que subissent les sarcines sous l'action des rayons radioactifs, non seulement sur la gélose,

mais aussi dans le bouillon radioactivé, nous donnons ci-dessous les dessins des différents microorganismes que nous avons observés sur beaucoup de préparations microscopiques (*fig.* 3).



Fig 3. — Divers microorganismes obtenus après l'action sur les sarcines des rayons radioactifs.

A côté de sarcines normales, on aperçoit une quantité innombrable de microcoques et de bâtonnets, de différentes structures et dimensions (partie gauche du dessin). Nous avons vu tous les stades intermédiaires entre les bâtonnets les plus petits et les plus grands. Mais à côté de microbes, en apparence normaux, nous avons trouvé des formes d'altération curieuses (partie droite du dessin). Elles se présentent soit sous l'aspect d'éléments allongés avec une ou plusieurs vacuoles transparentes, soit sous forme de flèches, d'épingles, de formations en boule ou de microorganismes ramifiés qui diffèrent des microorganismes connus (*fig.* 3).

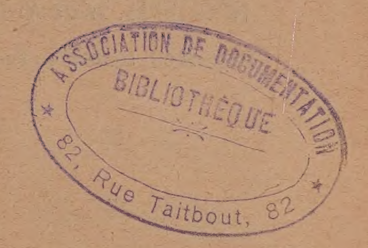
Les sarcines que nous avons utilisées pour nos expériences sont d'une couleur jaune. En agissant avec les rayonnements radioactifs sur les sarcines jaunes, nous avons obtenu plusieurs mutations nouvelles : rose, blanche, crème, orange etc. Nous conservons ces mutations depuis plusieurs mois et nous avons vu qu'elles continuaient à produire des mutations. C'est ainsi que nous possédons, actuellement, une dizaine de mutations héréditaires de différentes couleurs, du même microbe.

On peut dire que sous l'influence des rayons radioactifs se réveillent chez les microorganismes, ainsi que chez les autres cellules vivantes, des forces créatrices, qui sont capables de modifier profondément la structure et les caractères physiologiques et de provoquer l'avènement de races nouvelles.

Rappelons que c'est à Nadson et à Holweck, avec Lacassagne, que nous devons les premières connaissances sur cette action des rayons X et des rayons radioactifs sur les microorganismes.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.



ERRATA.

—

(Séance du 8 mai 1939.)

Note de M. *Nicolas Perakis*, Analyse magnétochimique de l'œuf d'oursin (*Echinus melo*) :

Page 1535, ligne 11, *au lieu de* $-0,39.16^{-6}$, *lire* $-0,39.10^{-6}$; ligne 12, *au lieu de* $-0,43.16^{-6}$, *lire* $-0,43.10^{-6}$; ligne 2 de la note, *au lieu de* $\chi = 0,703.10^{-6}$, *lire* $\chi = -0,703.10^{-6}$.

Note de M. *Marc Krasner*, Sur le théorème de Fermat :

Page 1468, ligne 9 en remontant, *au lieu de* $\sqrt{-2}$, *lire* $\sqrt{-3}$.